

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **11082150 A**

(43) Date of publication of application: **26.03.99**

(51) Int. Cl.

**F02D 45/00**  
**G01M 15/00**

(21) Application number: **09245109**

(22) Date of filing: **10.09.97**

(71) Applicant: **HITACHI LTD**

(72) Inventor:  
**KOMACHIYA MASAHIRO**  
**KURIHARA NOBUO**  
**KODAMA ATSUNORI**  
**SAKAGUCHI TATSUNORI**  
**FUMINO TAKAYUKI**  
**WATANABE SHIZUHISA**

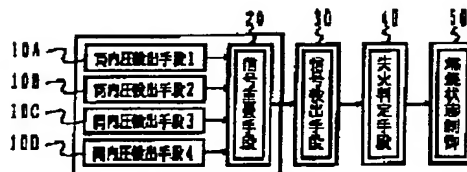
(54) COMBUSTION STATE DETECTING DEVICE FOR  
INTERNAL COMBUSTION ENGINE

COPYRIGHT: (C)1999,JPO

(57) Abstract:

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a practical combustion state detecting device for an internal combustion engine capable of judging misfire with accuracy even in a low load area or the like and usable being mounted on an automobile.

SOLUTION: Cylinder pressure signals of the respective cylinders of an internal combustion engine detected by a plurality of cylinder pressure detecting means 10A, 10B, 10C, 10D are superposed by a signal superposing means 20. On the basis of the superposed cylinder pressure signals, a signal detecting means 30 computes a misfire judgment index, and a misfire judging means 40 judges a misfire state using the misfire judgment index and a misfire judgment level. With the use of the superposed cylinder pressure signals, a notable change in the symmetry of signal waveform across TDC can be obtained according to the presence of misfire, so that misfire judgment can be positively made in the whole combustion area of the engine.



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平11-82150

(43) 公開日 平成11年(1999) 3月26日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

F 0 2 D 45/00

G 0 1 M 15/00

識別記号

3 6 8

F I

F 0 2 D 45/00

G 0 1 M 15/00

3 6 8 Z

3 6 8 S

Z

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 17 頁)

(21) 出願番号

特願平9-245109

(22) 出願日

平成9年(1997) 9月10日

(71) 出願人 000003108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 小町谷 昌宏

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 栗原 伸夫

茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社日立製作所日立研究所内

(72) 発明者 児玉 篤典

東京都小平市上水本町五丁目20番地1号 株式会社日立製作所半導体事業部内

(74) 代理人 弁理士 春日 譲

最終頁に続く

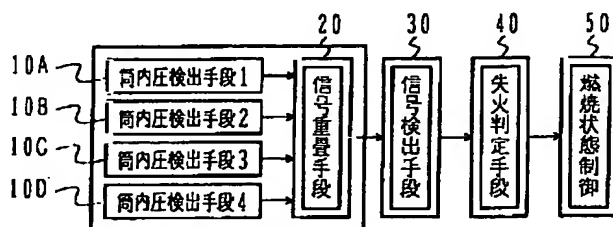
(54) 【発明の名称】 内燃機関の燃焼状態検出装置

(57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、低負荷領域等においても失火判定を精度よく行え、かつ、自動車に搭載して使用可能な実用的な内燃機関の燃焼状態検出装置を提供することにある。

【解決手段】複数の筒内圧検出手段10A、10B、10C、10Dによって検出された内燃機関の各気筒の筒内圧信号は、信号重畳手段20によって重畳される。重畳された筒内圧信号に基づいて、信号検出手段30は、失火判定指標を算出し、失火判定手段40は、失火判定指標と失火判定レベルにを用いて失火状態を判定する。

重畳された筒内圧信号を用いると、失火の有無によりTDC前後の信号波形の対称性に顕著な変化を得ることができるため、エンジン燃焼の全域で失火判定を確実にすることができる。



**【特許請求の範囲】**

【請求項1】 内燃機関の各気筒の筒内圧を検出する複数の筒内圧検出手段と、

これらの筒内圧検出手段によって検出された筒内圧を用いて失火状態を判定する失火判定手段とを有する内燃機関の燃焼状態検出装置において、

上記複数の筒内圧検出手段によって検出された複数の気筒の筒内圧信号を重畳する信号重畳手段を備え、

この信号重畳手段によって重畳された筒内圧信号を用いて失火状態を判定することを特徴とする内燃機関の燃焼状態検出装置。

【請求項2】 請求項1記載の内燃機関の燃焼状態検出装置において、さらに、

上記信号重畳手段によって重畳された筒内圧信号の内、各気筒に対応するピーク値の後に現れる極小値に対応する失火判定指標を算出する信号検出手段とを備え、

上記失火判定手段は、上記信号検出手段によって算出された失火判定指標と、あらかじめ設定されている失火判定レベルを比較して、失火状態を判定することを特徴とする内燃機関の燃焼状態検出装置。

【請求項3】 請求項1記載の内燃機関の燃焼状態検出装置において、さらに、

上記信号重畳手段によって重畳された筒内圧信号の内、各気筒における点火後の燃焼圧力上昇範囲における重畳された筒内圧信号に基づいて、失火判定指標を算出する信号検出手段とを備え、

上記失火判定手段は、上記信号検出手段によって算出された失火判定指標と、あらかじめ設定されている失火判定レベルを比較して、失火状態を判定することを特徴とする内燃機関の燃焼状態検出装置。

【請求項4】 請求項3記載の内燃機関の燃焼状態検出装置において、

上記失火判定手段は、前の気筒において失火状態を判定したときには、次の気筒における失火判定に用いる失火判定レベルを切り替えることを特徴とする内燃機関の燃焼状態検出装置。

【請求項5】 請求項1記載の内燃機関の燃焼状態検出装置において、さらに、

上記複数の筒内圧検出手段の検出特性のばらつきを補正する補正手段を備え、

この補正手段により特性ばらつきの補正された筒内圧信号を用いて、失火状態の判定をすることを特徴とする内燃機関の燃焼状態検出装置。

【請求項6】 請求項5記載の内燃機関の燃焼状態検出装置において、

上記補正手段は、上記筒内圧検出手段によって検出された筒内圧信号のバイアスとゲインを補正することを特徴とする内燃機関の燃焼状態検出装置。

【請求項7】 請求項5記載の内燃機関の燃焼状態検出装置において、

上記補正手段は、上記信号重畳手段によって重畳された筒内圧信号の内、各気筒におけるバイアスに対する信号重畳影響の少ない領域の信号によってバイアス補正値を得、上記信号重畳手段によって重畳された筒内圧信号の内、各気筒における爆発燃焼前の圧縮行程での圧力上昇の割合を捉える領域の信号によってゲインを得て、上記筒内圧検出手段によって検出された筒内圧信号のバイアスとゲインを補正することを特徴とする内燃機関の燃焼状態検出装置。

【請求項8】 請求項1記載の内燃機関の燃焼状態検出装置において、

上記筒内圧検出手段及び上記信号重畳手段は、光源と、この光源からの光を伝送するとともに、各気筒の燃焼圧を受ける受圧部を有する光ファイバと、この光ファイバを通過した光を受光する受光手段とによって構成されていることを特徴とする内燃機関の燃焼状態検出装置。

**【発明の詳細な説明】****【0001】**

【発明の属する技術分野】 本発明は、内燃機関の燃焼状態を検出する内燃機関の燃焼状態検出装置に係り、特に、多気筒エンジンの各気筒の失火の有無を検出する内燃機関の燃焼状態検出装置に関する。

**【0002】**

【従来の技術】 多気筒エンジンの各気筒の失火の有無を検出することは、内燃機関の制御をする上で重要なことである。例えば、燃料経済性の向上を目的として、ドライバビリティに影響を与えない限界まで燃料を希薄化するリーン限界制御では、空気に対する燃料の割合が薄くなり過ぎると失火が生じる。そこで、失火の有無を検出して失火の起こった気筒の燃料噴射量を増やす方向に制御することにより、失火状態から回復して、希薄燃焼を行い、燃料経済性を向上することができる。

【0003】 各気筒の失火の有無を検出する方法としては、例えば、次の2つの方法が知られている。第1の方法は、例えば、実開昭64-15937号公報に記載されているように、内燃機関の気筒内圧力（以下、「筒内圧」と称する）を検出し、筒内圧の変化の積分値あるいは平均値に基づいて、失火発生の有無を検出するものである。この方法では、具体的には、失火が発生すると燃焼圧力は上昇しないので、正常燃焼時と比べて失火時には筒内圧変化の積分値あるいは平均値が減少することにより失火を検出できる。

【0004】 第2の方法は、例えば、特開昭60-166739号公報に記載されているように、吸入空気量、回転速度、クランク角信号に応じて、予めメモリ（ROM）に記憶してある最適な燃焼状態から決定するようにした基準信号波形（基準燃焼状態）と、所定の方法で検出された筒内圧の信号波形とを比較することにより、失火を含めた燃焼状態の変化を詳細に捉えようとするものである。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、第1の方法においては、エンジンへの負荷が小さいアイドル時のように、正常燃焼であっても燃焼圧力の上昇が少ない場合には、失火判定が困難であるという問題があった。即ち、失火時における筒内圧変化の積分値あるいは平均値と、アイドル時のような正常燃焼時における筒内圧変化の積分値あるいは平均値はほぼ等しいため、両者の区別が難しく、確実な失火判定が困難なものである。

【0006】それに対して、第2の方法は、低負荷運転領域においても詳細な失火判定が可能であると考えられる。しかしながら、低負荷運転領域から高負荷運転領域までのエンジン燃焼の全域において、吸入空気量、回転速度、クランク角信号に応じて、予めメモリ（ROM）に記憶してある最適な燃焼状態から決定するようにした基準信号波形（基準燃焼状態）と、所定の方法で検出された筒内圧の信号波形とを比較しようすると、第1に、予め準備しておくべきメモリ（ROM）の記憶容量をかなり大きくせざるを得ず、自動車に搭載するには実用的でないものである。また、第2に、基準信号波形（基準燃焼状態）と筒内圧の信号波形との比較演算のためのエンジン制御用マイコンの処理量が大きくなるため、現在車両に搭載されているマイコンでは、処理が間に合わず、自動車に搭載して実施するには実用的でないものである。

【0007】本発明の目的は、低負荷領域等においても失火判定を精度よく行え、かつ、自動車に搭載して使用可能な実用的な内燃機関の燃焼状態検出装置を提供することにある。

## 【0008】

## 【課題を解決するための手段】

（1）上記目的を達成するために、本発明は、内燃機関の各気筒の筒内圧を検出する複数の筒内圧検出手段と、これらの筒内圧検出手段によって検出された筒内圧を用いて失火状態を判定する失火判定手段とを有する内燃機関の燃焼状態検出装置において、上記複数の筒内圧検出手段によって検出された複数の気筒の筒内圧信号を重畳する信号重畳手段を備え、この信号重畳手段に寄って重畳された筒内圧信号を用いて失火状態を判定するようにしたものである。かかる構成により、重畳された筒内圧信号において、失火が生じた場合、信号波形の著しい変化が生じ、筒内圧信号波形のピストン上死点（TDC）前後の対称性に明確な変化が生じることを利用して、失火判定を確実に実行できるものとなる。

【0009】（2）上記（1）において、好ましくは、さらに、上記信号重畳手段によって重畳された筒内圧信号の内、各気筒に対応するピーク値の後に現れる極小値に対応する失火判定指標を算出する信号検出手段とを備え、上記失火判定手段は、上記信号検出手段によって算

出された失火判定指標と、あらかじめ設定されている失火判定レベルを比較して、失火状態を判定するようにしたものである。かかる構成により、失火判定指標と失火判定レベルを比較して、失火状態であると判定するようにしているため、確実に失火判定を行うことができるとともに、記憶容量が小さくでき、演算処理も簡単になるため、実用的な失火判定を行え得るものとなる。

【0010】（3）上記（1）において、好ましくは、さらに、上記信号重畳手段によって重畳された筒内圧信号の内、各気筒における点火後の燃焼圧力上昇範囲における重畳された筒内圧信号に基づいて、失火判定指標を算出する信号検出手段とを備え、上記失火判定手段は、上記信号検出手段によって算出された失火判定指標と、あらかじめ設定されている失火判定レベルを比較して、失火状態を判定するようにしたものである。かかる構成により、失火判定指標と失火判定レベルを比較して、失火状態であると判定するようにしているため、確実に失火判定を行うことができるとともに、記憶容量が小さくでき、演算処理も簡単になるため、実用的な失火判定を行え得るものとなる。

【0011】（4）上記（3）において、好ましくは、さらに、上記失火判定手段は、前の気筒において失火状態を判定したときには、次の気筒における失火判定に用いる失火判定レベルを切り替えるようにしたものである。かかる構成により、前の気筒において失火状態を判定したときには、次の気筒における失火判定に用いる失火判定レベルを切り替えるようにしたため、連続失火の発生時にも確実に失火判定を行い得るものとなる。

【0012】（5）上記（1）において、好ましくは、さらに、上記複数の筒内圧検出手段の検出特性のばらつきを補正する補正手段を備え、この補正手段により特性ばらつきの補正された筒内圧信号を用いて、失火状態の判定をするようにしたものである。かかる構成により、筒内圧検出手段の検出特性のばらつきを補正するようにしたため、正確な失火判定を行い得るものとなる。

【0013】（6）上記（5）において、好ましくは、上記補正手段は、上記筒内圧検出手段によって検出された筒内圧信号のバイアスとゲインを補正するようにしたものである。かかる構成により、筒内圧検出手段の検出特性のばらつきを補正するようにしたため、正確な失火判定を行い得るものとなる。

【0014】（7）上記（5）において、好ましくは、上記補正手段は、上記信号重畳手段によって重畳された筒内圧信号の内、各気筒におけるバイアスに対する信号重畳影響の少ない領域の信号によってバイアス補正値を得、上記信号重畳手段によって重畳された筒内圧信号の内、各気筒における爆発燃焼前の圧縮行程での圧力上昇の割合を捉える領域の信号によってゲインを得て、上記筒内圧検出手段によって検出された筒内圧信号のバイアスとゲインを補正するようにしたものである。かかる

構成により、筒内圧検出手段の検出特性のばらつきを補正するようにしたため、正確な失火判定を行い得るものとなる。

【0015】(8)上記(1)において、好ましくは、上記筒内圧検出手段及び上記信号重畳手段は、光源と、この光源からの光を伝送するとともに、各気筒の燃焼圧を受ける受圧部を有する光ファイバと、この光ファイバを通過した光を受光する受光手段とによって構成するようにしたものである。

【0016】

【発明の実施の形態】以下、図1～図5を用いて、本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置について説明する。最初に、図1を用いて、本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置の全体構成について説明する。なお、以下の実施形態においては、4ストローク4気筒ガソリンエンジンを例にとって説明をするが、他の方式の内燃機関における失火検知にも同様に適用できるものである。図1は、本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置の全体構成を示すブロック図である。

【0017】筒内圧検出手段10A、10B、10C、10Dは、エンジンの各気筒に設けており、各気筒の筒内圧を検出し、筒内圧信号を出力する。筒内圧検出手段10A、10B、10C、10Dとしては、例えば、シリコン単結晶を用いた圧電式の半導体圧力センサや、抵抗線歪みゲージを用いる圧力センサ等が用いられる。筒内圧検出手段は、これらの物に限られるものでなく、高温高圧状態になり得る筒内圧が検出可能なものであればよく、例えば、後述するような光ファイバを用いる圧力センサを用いることも可能である。

【0018】信号重畳手段20は、筒内圧検出手段10A、10B、10C、10Dによって検出された各気筒の筒内圧信号を重ね合わせる。従来は、各気筒毎に検出された筒内圧に基づいて失火を判定するようにしていたのに対して、本実施形態においては、全ての筒内圧の検出信号を信号重畳手段20を用いて重畳する点に特徴を有している。

【0019】信号重畳手段20としては、例えば、演算増幅素子を用いて構成した一般に知られる信号の線形加算回路などを用いる。なお、筒内圧検出手段10A、10B、10C、10Dとして、抵抗線歪みゲージを用いる圧力センサを使用する場合には、各歪みゲージを直列配線することによって、各歪みゲージの出力の線形合成が可能であるため、この直列配線が信号重畳回路を構成することになる。

【0020】ここで、図2を用いて、筒内圧検出手段10A、10B、10C、10Dによって検出された筒内圧信号について説明する。図2は、本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置に用いる筒内圧検出手段によって検出された筒内圧信号の波形図である。

【0021】図2において、横軸はクランク角度を示している。4ストロークエンジンにおいては、吸気-圧縮-点火-爆発-排気の各行程がクランク角度が $720^\circ$ の間で繰り返されるが、図2においては、圧縮上死点TDC (Top Dead Center)を中心として、 $-90^\circ$ から $+90^\circ$ の範囲の圧縮行程から点火・爆発行程の一部を示している。なお、点火のタイミングは、運転状態に応じて変化するものであるが、ここでは説明の都合上、圧縮上死点TDCのタイミングで点火するものとする。縦軸は筒内圧を示しており、圧縮～点火・爆発行程で図示するように筒内圧が変化する。吸気行程や排気行程においても、筒内圧は変化するが、その変化量は、爆発時の筒内圧の変化に比べて小さいものであり、吸気行程や排気行程における筒内圧は、図示の状態において、クランク角度が $-90^\circ$ や $+90^\circ$ における筒内圧がほぼ維持されている。

【0022】圧縮行程が進むと共に、筒内圧は徐々に増加する。そして、圧縮上死点TDCにおいて点火されるものとする。爆発行程における筒内圧は、A)高負荷燃焼時、B)低負荷燃焼時、C)失火時において、図示するような圧力変化を示す。なお、図においては、圧縮行程の圧力変化で規格化した筒内圧変化を示している。失火とは、燃焼による圧力上昇がない状態である。失火時でもピストンの運動による気体の圧縮は行われるので、失火時の筒内圧変化はピストンが最も上昇するクランク角度、即ちTDC前後でほぼ対称となる。これに対し燃焼が起る場合、燃焼による圧力上昇は主としてTDC後に発生する。

【0023】図2に示すように、高負荷燃焼時のように燃焼圧力が大きい運転状態では、正常燃焼時(A)と失火時(C)の筒内圧の変化は異なる。従って、従来の筒内圧の変化の積分値や平均値を用いる失火判定方法でも、筒内圧のピーク値の低下として失火を容易に検出することができる。しかしながら、エンジンへの負荷が小さいアイドリング時のように正常燃焼であっても燃焼圧力の上昇が少ない場合(B)には、燃焼に伴う筒内圧のピーク値は失火時(C)と大きく変わらない。従って、燃焼圧力の上昇が少ない場合には、一般に筒内圧ピーク値の変化から失火を捉えることは困難である。このため、失火検出は上記TDC前後の信号の対称性に着目するのが一般的である。

【0024】次に、図3を用いて、筒内圧信号を重畳した場合について説明する。図3は、本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置に用いる信号重畳手段によって重畳された筒内圧信号の波形図である。

【0025】4気筒のエンジンにおいては、図2に示した各気筒毎の筒内圧信号の変化が、クランク角度で $180^\circ$ づつずれて発生する。各気筒においていずれも正常燃焼が行われた場合には、重畳された筒内圧信号は、図3(A)に示すように、周期的に繰り返す対称な信号波

形となる。なお、図中における1, 2, 3, 4は、各気筒の番号を示しているが、ここでは、点火の行われた順に、順次、第1気筒、第2気筒、第3気筒、第4気筒というように符号を付けている。

【0026】それに対して、図3(B)は、4気筒の内の1つの気筒において失火が発生し、他の3気筒が正常燃焼をしている場合の重畳された筒内圧信号を示している。図2に示したように、正常燃焼時には、点火後において筒内圧は上昇し、筒内圧変化はTDC前後で非対称となる。一方、失火が発生すると、失火による燃焼圧力上昇の欠落となり、筒内圧変化はTDC前後で対称となる。

【0027】ここで、一つの気筒だけが失火する場合を考えると、失火気筒の圧力上昇時の信号は前の気筒の影響で正方向にバイアスされているため、失火気筒の信号波形はTDC前で大きく、TDC後では小さくなる。信号重畳のない場合、失火時の筒内圧信号波形はTDC前後で対称になるが、重畳した筒内圧信号の場合にはTDC前の方が後より大きくなる。

【0028】即ち、4気筒分の筒内圧信号を重畳すると、失火気筒の信号ピーク後の信号レベルの低下として現われる。即ち、図3(B)に示すように、第3気筒の信号のピークが低下するとともに、ピーク後の極小値の信号レベルが低下することになる。また、失火の発生した第3気筒に続く第4気筒の信号のピークも低下する。本実施形態においては、この極小値のレベルを用いて、失火判定するようにしている。この失火判定の具体例については、図5を用いて後述するが、例えば、図3(B)に示すように、失火判定レベルLよりも重畳された筒内圧信号のレベルが低下した場合に、失火が発生したと判定するようにしている。

【0029】また、失火は、4気筒の内の単一の気筒でのみ発生するものでなく、2つの気筒で発生する場合もある。例えば、図3(C)は、第3気筒と第4気筒で失火が発生した場合を示している。第3気筒と第4気筒で失火が発生すると、第3気筒と第4気筒及び第1気筒に対する信号のピーク値が低下するとともに、第3気筒と第4気筒に対するピーク後の極小値の信号レベルが低下することになる。

【0030】4気筒のエンジンの燃焼サイクルの内、3つの気筒若しくは4つの気筒において失火が発生すると、エンジンが停止するため、一般的には失火判定の必要は生じないものである。

【0031】次に、図1に戻って、信号重畳手段20によって重畳された筒内圧信号は、信号検出手段30に入力する。信号検出手段30は、入力したアナログ信号をデジタル信号に変換するとともに、重畳された筒内圧信号の極小値に対応する失火判定指標Iを算出する。そして、失火判定手段40は、信号検出手段30によって算出された失火判定指標Iを、予め求められ、記憶されて

いる失火判定レベルLと比較して、失火判定指標Iが失火判定レベルLよりも低い場合に、失火状態であると判定する。失火判定レベルLは、低負荷運転領域から高負荷運転領域までのエンジン燃焼の全域において、吸入空気量、回転速度、クランク角信号に応じて、予めメモリ(ROM)に記憶してある。あるいは、エンジン燃焼の全域をいくつかの代表領域に分けて、各領域毎に記憶するようにしてもよいものである。従来の筒内圧の信号波形を用いる方法では、2次元の情報(時間と筒内圧)である信号波形そのものを記憶する必要があるため、記憶容量が大きくなるが、上述したように本実施形態では、失火判定レベルLを記憶するだけであるため、記憶容量が小さくなる。また、従来は、検出された信号波形と記憶されている信号波形を比較する必要があるため、その比較演算処理は膨大なものとなるのに対して、失火判定指標Iと失火判定レベルLを比較するだけであるので、演算処理も簡単になる。

【0032】失火判定手段40において失火が判定されると、燃焼状態制御手段50は、失火の発生した気筒の燃焼状態を制御する。燃焼状態の制御としては、例えば、燃料経済性の向上を目的として、ドライバビリティに影響を与えない限界まで燃料を希薄化するリーン限界制御では、空気に対する燃料の割合が薄くなり過ぎると失火が生じるため、失火の起った気筒の燃料噴射量を増やす方向に制御する。または、失火が判定されると、燃焼状態制御手段50は、失火発生を表示する。

【0033】ここで、図4及び図5を用いて、失火判定指標Iの算出方法及び失火判定方法について説明する。図4は、本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置に用いる信号検出手段における失火判定指標Iの算出処理及び失火判定手段における失火判定処理の手順を示すフローチャートであり、図5は、本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置に用いる信号検出手段における失火判定指標Iの算出及び失火判定手段における失火判定の説明図である。

【0034】失火の判定を行うためには、図3に示した原理を用いると、各気筒のピーク値の後に発生する極小値を求めればよいものである。しかしながら、高速回転するエンジンに対して検出される筒内圧信号の重畳値から極小値そのものを求めるのは実用的でない。即ち、エンジンが6000rpmで回転している場合、クランク角度360°に相当する時間は、100msである。クランク角度1°毎に重畳された筒内圧信号をサンプリングすれば極小値を求めることも可能であるが、その際のサンプリングタイミングは、0.28msとなる。エンジン制御装置に使用するマイコンを用いて、エンジンの制御も行いながら失火の判定を行うとすると、0.28ms毎に筒内圧信号をサンプリングしようとする、殆どのマイコンの処理は失火判定に費やされ、エンジン制御自体を行えなくなる。



【0035】そこで、本実施形態においては、重畳された筒内圧信号の極小値そのものでなく、極小値に対応する信号として、以下に説明するように、失火判定指標Iを算出するようにしている。即ち、図5(A)は、重畳された筒内圧信号を示しており、例えば、第3気筒において失火が発生しているものとする。信号検出手段30は、重畳された筒内圧信号を、各気筒の筒内圧ピークの間に現われる信号極小値を含む所定のクランク角度範囲A1、A2、A3、A4について積分するようにしている。各クランク角度範囲A1、A2、A3、A4は、各気筒の信号ピーク後に現われる筒内圧低下を検出するために設けるものである。各クランク角度範囲は例えば、極小値となるクランク角度 $\pm\alpha$ となるクランク角度の間とする。ここで角度 $\alpha$ の値は、サンプリングの間隔にもよるが、例えばクランク角度で10度くらいというように、重畳された筒内圧信号の極小値から大きくはずれない範囲に取られる。

【0036】図4のステップ410において、信号検出手段40は、第1気筒の判別を行う。失火の判定を行うにあたっては、4気筒の内のどの気筒の失火であるかを知る必要があるため、第1気筒の判別を行う。一般に、エンジンに設けられているクランク角度センサ等は、気筒判別のためのリファレンス信号REFを出力している。例えば、図5(B)に示す参照信号1は、リファレンス信号REFを示している。リファレンス信号REFのパルス列は、それぞれの立ち上がりの位置が各気筒の圧縮上死点TDCのタイミングに相当しており、また第1気筒についてパルス幅を大きくすることで気筒判別ができるようにしている。

【0037】気筒判別の方法は、図5に示す方法に限らず、例えば全ての気筒についてパルス幅を変えるようにしてもよい。またパルスの立ち上がり、あるいは下がりの位置が各気筒のTDCと一定のクランク角度ずれるように設定してもよい。参照信号1は、一例としてクランク軸と共に回転する円盤にスリットを設け、これを通して光の有無を検出することで得ることができる。この場合、スリットの幅を調整することで燃焼サイクルに同期したパルス幅の異なる信号を得ることができる。

【0038】ステップ420において、変数nに1をセットする。nは、気筒数を表す変数であり、nに1をセットすることにより、第1気筒に対する失火判定指標の算出及び失火判定の処理とする。

【0039】ステップ430において、信号検出手段30は、領域Anの開始点を判定する。即ち、図5(A)に示すように、重畳された筒内圧信号の中で、各気筒のピーク後に現れる極小値付近に、極小値に対応する失火判定指標Inを求めるための領域Anを設定している。領域Anは、例えば、圧縮上死点TDCを基準として、 $(TDC+90^\circ) \pm 10^\circ$ の範囲としている。即ち、領域Anの開始点は、 $TDC+80^\circ$ である。

【0040】エンジンに設けられているクランク角度センサ等は、詳細なクランク角度を知るために必要なポジション信号POSを出力している。例えば、図5(C)に示す参照信号2は、ポジション信号POSを示している。クランク角度センサは、1度クランク角度( $1^\circ$  C A : Crank Angel)毎に幅の短いパルスが発生する。参照信号1の立ち上がりを基準として、参照信号2のパルス列を計数することにより、領域Anの開始点を判定する。

【0041】ステップ440において、信号検出手段30は、筒内圧信号をサンプリングする。信号サンプリングは、例えば、クランク角度で $6^\circ$  毎に行う。なお、サンプリング周期は、 $6^\circ$  に限るものでない。上述したように、領域Anを $(TDC+90^\circ) \pm 10^\circ$ の範囲とした場合、3点の重畳された筒内圧信号Pn1、Pn2、Pn3がサンプリングされる。

【0042】ステップ450において、信号検出手段30は、領域Anの終点を判定する。参照信号1の立ち上がりを基準として、参照信号2のパルス列を計数することにより、領域Anの終点を判定する。

【0043】ステップ460において、信号検出手段30は、第n気筒の失火判定指標Inを算出する。具体的には、ステップ440においてサンプリングされた筒内圧信号Pn1、Pn2、Pn3の和を求め、その和の値を失火判定指標Inとしている。複数の信号の和を求めることにより、各領域Anに相当する面積を求めることとなり、領域内の複数のサンプリング値を判定に反映することで、筒内圧信号へのノイズ影響を低減できる。なお、サンプリングされた筒内圧信号Pn1、Pn2、Pn3の中の最小値をもって失火判定指標Inとすることもできる。

【0044】次に、ステップ470において、失火判定手段40は、ステップ460において算出された失火判定指標Inと、予め求められ、記憶されている失火判定レベルLと比較して、失火判定指標Iが失火判定レベルLよりも低い場合に、失火状態であると判定する。失火判定レベルLは、低負荷運転領域から高負荷運転領域までのエンジン燃焼の全域において、吸入空気量、回転速度、クランク角信号に応じて、予めメモリ(ROM)に記憶してある。

【0045】エンジンの筒内圧は、主として、エンジンの負荷を代表する吸入空気量Qのファクタとなる。なぜなら、失火の有無に依らずピストンの往復運動による筒内圧変化は吸入空気量Qに依存するからである。また、回転速度によっても、バルブタイミングの違いで筒内圧が変化するため、回転速度もファクタとして失火判定レベルLを記憶しておく。吸入空気量Qとエンジン回転数Nにより失火判定レベルを変えるようにした失火の判定式を、数1に示す。

【0046】

【数1】

$$I_n \leq L_n(N, Q)$$

$I_n$ ・・・第 $n$ 気筒の失火判定指標

$L_n$ ・・・第 $n$ 気筒の失火判定しきい値

$N$ ・・・エンジン回転数

$Q$ ・・・負荷（吸入空気量）

【0047】数1の失火判定レベル $L_n(Q, N)$ は、吸入空気量とエンジン回転数を軸としたマップの形で予め保持しておくことができる。この場合、失火判定手段40は、エンジンコントロールユニットが持っている吸入空気量 $Q$ とエンジン回転数 $N$ の情報に基づき、各気筒に応じた失火判定レベルのマップから該当する失火判定レベル $L_n(Q, N)$ を呼びだし、これを失火判定に使用する。気筒毎にレベルを変えることにより、筒内圧検出手段10に特性のばらつきがある状況でもより正確な失火判定ができる。なお、気筒毎の失火判定レベルを共通にすればマップは1つでよく、予め準備しておくべきメモリ（ROM）の量を低減できる。

【0048】さらに、ステップ480において、変数 $n$ に1を加算し、ステップ490において、変数 $n$ が4より大きいとか否かを判断し、 $n$ が4以下であれば、ステップ430に戻り、第2気筒、第3気筒、第4気筒について、それぞれ、失火判定指標を求め、失火判定を行う。 $n$ が5になると、ステップ410に戻り、第1気筒から繰り返し、失火判定指標を求め、失火判定を行う。

【0049】図5（A）は、重畳された筒内圧信号を示しており、例えば、第3気筒において失火が発生すると、領域A3における失火判定指標I3が失火判定レベル $L$ よりも小さくなるため、第3気筒において失火が発生したと判定することが可能となる。

【0050】信号検出手段30、失火判定手段40は、燃焼状態制御手段50であるマイコンによるエンジン制御システムの一部としてエンジンコントロールユニット内に構成できる。

【0051】なお、以上の説明では、参照信号2のポジション信号POSのバルス数をカウントすることで信号検出の領域や検出タイミングをクランク角度上で決めているが、こうした参照信号が利用できない場合には、例えば、エンジンコントロールユニットにあるマイコンのクロックを基準に参照信号1（REF）のバルス間の平均時間を求め、これを基に時間領域で信号検出の領域や検出タイミングを決めてもよいものである。

【0052】以上説明したように、本実施形態によれば、信号重畳手段によって重畳された筒内圧信号の極小値に対応する失火判定指標 $I$ を算出し、算出された失火判定指標 $I$ を、予め求められ、記憶されている失火判定レベル $L$ と比較して、失火判定指標 $I$ が失火判定レベル $L$ よりも低い場合に、失火状態であると判定するように

している。

【0053】また、失火判定レベルを用いて失火判定するようにしているため、記憶容量が小さくでき、失火判定指標 $I$ と失火判定レベル $L$ を比較するだけであり、演算処理も簡単になり、実用的な失火判定を行えるものとなる。

【0054】次に、図6及び図7を用いて、本発明の第2の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置について説明する。図6は、本発明の第2の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置の全体構成を示すブロック図であり、図7は、本発明の第2の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置に用いる信号補正手段のブロック図である。本実施形態において、図1と同一符号は同一部分を示している。

【0055】筒内圧検出手段10の出力特性のばらつきがある場合がある。そこで、本実施形態において、信号補正手段60を用いて、出力特性のばらつきを補正した後、信号重畳手段20で各信号を重ね合わせることで、筒内圧検出手段10の出力特性のばらつき影響を受けにくい失火判定ができるようにしている。

【0056】図7に示すように、本実施形態における信号補正手段60は、バイアス補正手段62A、62B、62C、62Dと、ゲイン補正手段64A、64B、64C、64Dによって構成されている。

【0057】筒内圧検出手段10の出力特性のばらつきには、バイアスのばらつきとゲインのばらつきが考えられる。バイアスにばらつきがあると、各気筒から得られる信号は正負方向にシフトする。ゲインにばらつきがあると、各気筒から得られる信号のスケールが変化する。バイアスのばらつきが大きいと重畳された筒内圧信号のオフセット電圧が設定範囲を超えてしまう場合がある。また、ゲインのばらつきが大きいと、重畳された筒内圧信号の波形が変化するので、失火判定に好ましくない影響が出る。

【0058】そこで、本実施形態においては、筒内圧検出手段10A、…、10Dによって検出された筒内圧信号をバイアス補正手段62A、…、62Dに取り込み、バイアスのばらつきを除去するようにしている。バイアス補正手段62としては、例えば、直流成分に近い低周波数成分を除去するフィルタ手段を使うことができる。バイアス補正手段62の段階で信号をマイコンに取り込む場合には、信号の最小値、あるいは一定信号長さについてとった当該信号の最小値の平均値を記憶し、これを取り込んだ信号データから差し引くことでバイアスの変動分を除去できる。バイアス成分を一旦除去した後、改めて基準となる共通の直流成分を信号に加えるようにしてもよい。

【0059】また、ゲイン補正手段64A、…、64Dは、各信号のゲインのばらつきを補正をするようにしている。ゲインの補正には、必要な補正量の判定と、実際



に補正する二つの段階が必要となる。ゲイン補正手段64では、例えばその前処理として、バイアス補正された各信号を取り込み、代表気筒、例えば、第1気筒に対するその他の気筒の信号ピークの値を検出し、また代表気筒の燃焼圧力が規定の大きさになっていない時にはその補正に必要な値を算定し、それらの積を補正係数 $k_1 - k_4$ とする。例えば、上記の過程において第1気筒の信号ピークが400ミリボルト、第2気筒の信号ピークが200ミリボルト、また本来得られるべき信号の値が100ミリボルトであるなら $k_1 = 1/4$ 、 $k_2 = 1/2$ とする。

【0060】各補正係数は筒内圧自体にばらつきの少ないエンジン始動時のモータリング時、あるいは短期間燃料カットした運転時に得られる信号に基づき決定し、次回係数を決めるまでその値を保持し、信号補正に使用する。もちろん補正係数 $k_1 - k_4$ は予め別の方法で決定したものをエンジンコントロールユニットに記憶させておいてもよい。

【0061】ゲイン補正手段64は続いて、補正係数 $k_1 - k_4$ を各信号の値に掛けることでゲインのばらつきを補正する。具体例としては、一般に知られるD/Aコンバータと増幅器を組み合わせた手段によって、信号毎に補正係数に合わせた増幅・減衰処理を施してスケールを変更するようにできる。信号が既にマイコンに取り込まれている場合には全てをデジタル的に処理してもよい。

【0062】気筒毎に得られる信号のばらつき補正は、上述したように、信号重畳前の段階で個別に処理しておくのが確実ではあるが、バイアス補正用のデータと、ゲイン補正用のデータとを決めておけば、信号重畳手段30によって重ね合わせられた信号についても近似的な補正を加えることができる。

【0063】一例として、信号検出手段30による信号検出後、予め準備された補正用のデータに基づき、検出されたデータに補正を加えることができる。補正用のデータは、例えば次のように準備すればよい。即ち、重畳信号全体のバイアス変動分から、それを打ち消すのに必要なバイアス補正値を求める。また、各信号ピークの値のばらつきを除き、且つ各ピーク値を規定の範囲に収めるのに必要な実効的なゲイン補正係数 $k_1 - k_4$ を各気筒に対応して決める。予め決めておいたこれらのデータは、エンジンコントロールユニット内に記憶しておくことができる。信号検出手段30で検出された信号部分が、例えば第1気筒の燃焼圧力部分であるなら、検出されたデータに対してバイアス補正をし、ゲイン補正係数 $k_1$ を掛けるようにする。信号検出手段30で検出された信号部分が、第1気筒と第2気筒の間の信号部分であるなら、バイアス補正をした後、例えば $k_1$ と $k_2$ から平均処理により実効的に決めた係数を掛けるようにする。もちろん始めから実効的な補正用のデータを記憶し

ておくようにしてもよい。

【0064】なお、補正用のデータはエンジンの運転条件に依存する場合があるが、代表的な運転条件で予め決めておいた補正データを同様に記憶しておけば、運転条件毎に最適な信号補正をすることもできる。補正用のデータは、また、エンジン始動時のモータリング時、あるいは短期間燃料カットした運転時に検出された信号に基づいてエンジン運転中に決定し、値を逐次エンジンコントロールユニット内に記憶させながら更新するようにしてもよい。

【0065】以上説明したように、本実施形態によれば、重畳された筒内圧信号の極小値に対応する失火判定指標Iと失火判定レベルLと比較して、失火状態であると判定するようにしているため、確実に失火判定を行うことができるとともに、記憶容量が小さくでき、演算処理も簡単になるため、実用的な失火判定を行えるものとなる。

【0066】また、筒内圧信号のバイアスとゲインを補正するようにしているため、より正確な失火判定を行えるものとなる。

【0067】次に、図8～図12を用いて、本発明の第3の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置について説明する。最初に、図8を用いて、本実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置の全体構成について説明する。図8は、本発明の第3の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置の全体構成を示すブロック図である。なお、本実施形態において、図1と同一符号は同一部分を示している。

【0068】本実施形態においては、光ファイバ筒内圧センサ70を筒内圧検出手段として用いている。光ファイバ筒内圧センサ70は、光源であるレーザダイオード72Aと、コネクタ74Aを介して接続された光ファイバ76と、コネクタ74Bを介して接続されたフォトダイオード等の光受光手段72Bとによって構成されている。光ファイバ76は、エンジンヘッドガasket80の中に実装されている。光ファイバ76の一部は、エンジンの各気筒の燃焼圧力を受ける受圧部78A、78B、78C、78Dを有している。受圧部78A、78B、78C、78Dは、光ファイバ76によって直列的に接続されているため、光ファイバ筒内圧センサ70は、信号重畳手段としても機能している。

【0069】光ファイバ筒内圧センサ70を構成する光源であるレーザダイオード72Aから発せられた光は、光ファイバ76を通過して、受光手段72Bで検出される。その間、光ファイバは各気筒に対応する受圧部78A、78B、78C、78Dを通過する。各受圧部78A、78B、78C、78Dでは、例えば、気筒内圧力に応じた曲げ変形を光ファイバ76に与えるようにしている。

【0070】変形した光ファイバ76は光損失を被るの

で、受光手段72Bにより検出される光強度を計測すると、各気筒内の圧力変化を得ることができる。圧力の上昇は光強度の低下につながるので、受光手段72Bを用いて光出力を光電変換をし、反転増幅をすると、図2に示したのと同様な重畳された筒内圧信号を得ることができる。

【0071】図3に示した重畳信号は各信号の線形和として求められているが、本実施形態においては、各受圧部78A、78B、78C、78Dで生じる光損失をデシベルで表わしたとき、それらの和として合計の光損失が決まるようになっている。信号重畳の方式は異なるが、重畳された信号波形の特徴は共通である。即ち、信号の合成方法は必ずしも線形和にとる必要はなく、失火時に得られる信号波形の変化が、信号処理に合わせて顕著になるように合成すればよいものである。

【0072】なお、光ファイバ筒内圧センサの動作原理の詳細については、例えば、アプライド・オブティクス、第35巻(1996年)、p.1143-1150に記載されている。

【0073】光ファイバ筒内圧センサ70によって得られる信号は、信号検出手段30Aによって失火判定レベルLを算出し、失火判定手段40Aによって失火状態の判定を行い、さらに、失火が発生すると、燃焼状態制御手段50によって燃焼状態を制御する。

【0074】本実施形態においては、光ファイバ筒内圧センサ70によって得られる信号は、各気筒の筒内圧信号がはじめから重畳された形で得られる。従って、個々の受圧部78A、78B、78C、78Dに起因する特性のばらつきは、次のようにして信号検出手段30Aによって補正され、特性のばらつきの補正された信号が検出される。

【0075】ここで、図9を用いて、本実施形態における信号検出手段30Aによる特性ばらつきの補正及び失火判定指標Iの算出について説明する。図9は、本発明の第3の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置における特性ばらつきの補正及び失火判定レベルLの算出の原理説明図である。

【0076】図9は、受光手段72Bによって検出された各気筒の筒内圧信号が重畳された信号の内、クランク角度の圧縮上死点TDCを中心として、 $TDC-90^\circ$ から $TDC+90^\circ$ の範囲の信号を示しており、一つの気筒の圧縮・燃焼サイクル中を示している。クランク角度はTDCを基準としてその前を負、後を正とした角度を示したものである。

【0077】本実施形態においては、信号検出手段30Aは、信号重畳手段としての機能を有する光ファイバ筒内圧センサ70によって重ね合わせられた信号に対して、一つの気筒毎に、積分領域C、積分領域Bと積分領域Gを設けるようにしており、これらの三つの検出領域に分けて検出する。各信号検出領域から検出された情報

を組み合わせて処理することにより、筒内圧検出手段の特性ばらつきに起因する失火判定への影響を低減するようにしている。また、エンジンの運転状態に依存する失火判定指標の変動を抑制できるようにしている。

【0078】積分領域Cは、燃焼圧力を計測する領域である。積分領域Bは、バイアス補正に必要な情報を検出する領域である。また、積分領域Gは、ゲイン補正に必要な情報を検出する領域である。

【0079】積分領域Bは、バイアスに対する信号重畳影響の少ない領域に設定されており、このため積分領域Bは、信号重畳手段によって重ね合わせられた信号の極小値を含む所定のクランク角度範囲としている。即ち、前の気筒の燃焼が終了し、また計測対象の気筒の圧縮圧力があまり上昇していない段階の圧力を捉えることで、重畳信号のバイアス変動をリアルタイムに捉えることができる。

【0080】具体的には、積分領域Bは、(極小値のクランク角度 $-\alpha 1$ )～(極小値のクランク角度 $+\alpha 2$ )の範囲を積分領域Bとしている。ここで、クランク角度 $\alpha 1$ と $\alpha 2$ は前の気筒の燃焼圧力影響が少なく、また、判定気筒の圧縮行程による圧力上昇の影響が少ない範囲に選べばよい。図9に示す例では、 $\alpha 1=0^\circ$ 、 $\alpha 2=30^\circ$ (何れもクランク角度)としている。

【0081】なお、実際の計測に当たっては、極小値を求めるためには、サンプリング周期を短くする必要があるため、極小値そのものを求める方法は実用的でない。そのため、本実施形態においては、( $TDC-90^\circ$ )～( $TDC-60^\circ$ )の範囲を積分領域Bとしている。さらに、具体的には、計測対象の気筒の前の気筒の圧縮上死点をTDC(-1)とすると、この圧縮上死点TDC(-1) $+90^\circ$ のタイミングで、積分領域Bの計測値を零クリアした上で、重畳された筒内圧信号を、( $TDC(-1)+90^\circ$ )～( $TDC(-1)+120^\circ$ )の範囲で、 $6^\circ$ 毎のタイミングでサンプリングし、サンプリングされた筒内圧信号を加算して、積分領域Bの値を求めるようにしている。

【0082】積分領域Gは、計測気筒の爆発燃焼がまだ起っていない圧縮行程での圧力上昇の割合を捉えることができる領域に設定する。このため積分領域Gは、極小値から次の点火クランク角度に至るクランク角度範囲に設けた所定のクランク角度範囲とする。これにより、計測気筒の点火前、即ち燃焼圧力分を含まない領域での圧力上昇分を捉えることができる。

【0083】具体的には(点火クランク角度 $-\beta 1$ )から(点火クランク角度 $-\beta 2$ )の範囲の信号増加面積を積分範囲Gとしている。図9に示した例では、点火タイミングが圧縮上死点TDCに等しいとすると、 $\beta 1=60^\circ$ 、 $\beta 2=18^\circ$ (何れもクランク角度)としている。ゲインが大きければ領域Gの面積は大きく、ゲインが小さければ領域Gの面積は小さくなる。

【0084】積分領域Cは、爆発燃焼の起っていない領域を除くと共に、燃焼圧力上昇範囲を効果的に含むように設定する必要がある。このため、積分領域Cは、点火クランク角度から次の信号極小値に至るクランク角度範囲に設けた所定のクランク角度範囲とする。これにより、点火後から燃焼終了時までの圧力上昇分を捉えることができる。具体的には（点火クランク角度+ $\gamma 1$ ）～（点火クランク角度+ $\gamma 2$ ）の範囲を積分領域Cとしている。図9に示した例では $\gamma 1 = 0^\circ$ 、 $\gamma 2 = 90^\circ$ （何れもクランク角度）としている。

【0085】各積分領域をクランク角度上で決める際、上述したように信号の極小値や点火時期を与えるクランク角度を基準とする代わりに、クランク角度上で変らないTDCを基準にすると、積分領域の設定が簡単になる。信号の極小値や点火時期はエンジン制御によって変化し得るが、TDCは変らないからである。

【0086】例えば、積分領域Gの計測に当たっては、点火タイミングは、運転状態によって変化するため、点火クランク角度を基準とすると、検出タイミングが変動することになる。積分領域Gは、計測気筒の点火前、即ち燃焼圧力分を含まない領域での圧力上昇分を捉えればよいものであるため、本実施形態においては、（TDC- $60^\circ$ ）～（TDC- $18^\circ$ ）の範囲を積分領域Gとしている。さらに、具体的には、計測対象の気筒の前の気筒の圧縮上死点をTDC（-1）とすると、この圧縮上死点TDC（-1）+ $120^\circ$ のタイミングで、積分領域Gの計測値を零クリアした上で、重畳された筒内圧信号を、（TDC（-1）+ $120^\circ$ ）～（TDC（-1）+ $162^\circ$ ）の範囲で、 $6^\circ$ 毎のタイミングでサンプリングし、サンプリングされた筒内圧信号を加算して、積分領域Gの値を求めるようにしている。

【0087】また、積分領域Cの計測に当たっては、点火タイミングは、運転状態によって変化するため、点火クランク角度を基準とすると、検出タイミングが変動することになる。積分領域Gは、計測気筒の点火前、即ち燃焼圧力分を含まない領域での圧力上昇分を捉えればよいものであるため、本実施形態においては、（TDC）～（TDC+ $90^\circ$ ）の範囲を積分領域Cとしている。さらに、具体的には、計測対象の気筒の圧縮上死点TDCのタイミングで、積分領域Cの計測値を零クリアした上で、重畳された筒内圧信号を、（TDC）～（TDC+ $90^\circ$ ）の範囲で、 $6^\circ$ 毎のタイミングでサンプリングし、サンプリングされた筒内圧信号を加算して、積分領域Cの値を求めるようにしている。

【0088】TDCを基準に各積分領域を決めると、運転の状態によっては、例えば、領域Bの始点が極小値のクランク角度にわずかに至らなかったり、あるいは領域Gの終点が点火クランク角度をわずかに超えてしまったりする場合も生じるが、実用上の問題はないものである。従って、実際に定める信号検出のクランク角度範囲

は、予め上記三つの領域と大きくずれないようにTDC基準に決めた上で固定しておくことができる。

【0089】なお、各積分領域における信号検出は、領域Gにおいては、最初の検出値を保持しておき、図5に示した参照信号2を一定数カウントする毎にデータをサンプリングし、信号の増分のみを積算する。また、領域B、Cにおいては、図5に示した参照信号2を一定数カウントする毎にデータをサンプリングし、信号を積算する。信号検出の間隔を、クランク角度上で等間隔になるようにすると、領域当りの信号検出数がエンジンの回転数によらないようにできる。サンプリングの間隔は、例えば、クランク角度で $6^\circ$ 置きとする。

【0090】しかしながら、信号のサンプリング間隔は、エンジン回転数に応じて変えてもよく、例えば、低回転時には、サンプリング間隔を狭くする方が精度よく信号検出を行える。高回転時には、サンプリング周期が短くなっているため、 $6^\circ$ よりもサンプリング間隔を短くすると、サンプリング処理の負担が大きくなる。

【0091】また、信号検出の間隔を必ずしも等間隔にする必要はなく、例えば、燃焼ピークの現われる位置はおおよそ決まっているから、信号の変化の大きな信号ピーク値付近を細かく、その他は荒く取るように領域内で設定することができる。これには領域のサンプリング間隔をサンプリング開始からの回数によって変えるようにすればよい。

【0092】また、サンプリングされた値に応じて、信号の傾きの変化が小さいときは荒く、変化が大きい時は細くなるようにサンプリング間隔をリアルタイムに変更してもよい。

【0093】次に、信号検出手段30Aによる失火判定指標Iの算出方法について説明する。本実施形態においては、信号検出手段30Aは、以下の（数2）に基づいて失火判定指標Iを算出する。

【0094】

【数2】

$$I = (Sc - a \times Sb) / (b \times Sg)$$

I・・・失火判定指標

Sc・・・領域Cの積分値

Sb・・・領域Bの積分値

Sg・・・領域Gの積分値

a・・・係数

b・・・係数

【0095】なお、（数2）において、Scは領域Cの積分値であり、Sbは領域Bの積分値であり、Sgは領域Gの積分値であり、a及びbは係数である。

【0096】（数2）においては、燃焼圧力を計測する

ための領域Cの面積から領域Bの面積の係数倍を差し引くことで、バイアス影響を低減するようにしている。また、この結果を領域Gの面積の定数倍で割ることによって、ゲインのばらつき影響を低減するようにしている。

(数2)の右辺は、係数aのとり方を調整すると、TDC前後の面積の差をゲインについて規格化していると捉えることができる。即ち、(数2)では筒内圧変化にみられるTDC前後の対称性の現われ方をバイアスとゲインの補正を含めた形で失火判定指標Iに置き換えるようにしている。この操作により、重畳された信号に現れる失火時の特徴的な変化を1つの指標Iに置き換えて扱うことができる。

【0097】次に、図10～図12を用いて、失火判定手段40Aにおける失火判定について説明する。最初に、図10を用いて、4気筒の内の一つの気筒において失火が発生した場合について説明する。図10は、本発明の第3の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置における失火判定の原理説明図である。図10(A)は、4気筒の内の第3気筒において失火が発生したときの重畳された筒内圧信号を示し、図10(B)は、算出された失火判定指標Iのクランク角度の変動の影響について示している。

【0098】図3において上述したように、燃焼時の筒内圧信号に対して、失火時の第3気筒に対する筒内圧信号は、ピーク値が低下し、また、極小値も低下する。また信号の重畳がない筒内圧信号においてTDC前後の対称性をみると、図2に示したように、燃焼時はTDC後が大きく、失火時にはTDC前後が対称に近づく。一方、重畳された筒内圧力信号を使用する場合には、失火時の筒内圧力信号はTDC前がむしろ大きくなる。従って、(数2)の係数aを適当に選ぶことにより、燃焼時と失火時との失火判定指標Iの差を大きくとることができる。

【0099】また、実際の失火判定に際しては、参照信号として得られるクランク角度は必ずしも安定しておらず、例えば $\pm 4^\circ$  CA (Crank Angle) のばらつきが発生するのが一般的である。このようなクランク角度のばらつきが発生すると、図10(B)に示すように、筒内圧信号のTDC前後の面積比は変ることになり、失火判定指標Iが、クランク角度の変動によって、変化する。

【0100】しかしながら、本実施形態においては、筒内圧変化のTDC前後の対称性に注目するようにしているため、正常燃焼が行われた第1、第2、第4気筒に対する失火判定指標Iと、失火が発生した第3気筒に対する失火判定指標Iの差を大きくとることができる。従って、失火時の失火判定指標Iより大きなレベルで、正常燃焼時の失火判定指標Iより小さいレベルに、失火判定レベルLaを設定することにより、クランク角度の変動に拘らず、失火の判定を確実に行うことができる。また、これにより、低負荷状態のように失火状態との差が

小さい場合にも、確実に失火判定を行うことができる。

【0101】次に、図11を用いて、4気筒の内の二つの気筒において連続失火が発生した場合について説明する。図11は、本発明の第3の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置における失火判定の原理説明図である。図11(A)は、4気筒の内の第3気筒及び第4気筒において連続失火が発生したときの重畳された筒内圧信号を示し、図11(B)は、算出された失火判定指標Iのクランク角度の変動の影響について示している。

【0102】図11(A)に示すように、第3気筒及び第4気筒において失火が連続して起る場合、二つ目の気筒(第4気筒)の信号には、TDC前が大きくなるという特徴は現われない。これは前の気筒が既に失火しており、重なるはずの燃焼圧力が上昇していないことによる。このため、燃焼時の信号(例えば、第2気筒の信号)と失火時の信号(第4気筒の信号)を比べると、図11(B)に示すように、失火判定指標Iに大きな差が生じない。従って、例えば、失火判定レベルLaを用いて、失火の判定をしようとする、変動を示すクランク角度が $\theta 1$ よりも大きいときには、第2気筒の失火判定指標I2は、失火判定レベルLaより大きいので正常燃焼と判定でき、第4気筒の失火判定指標I4は、失火判定レベルLaより小さいため赤化と判定できるが、クランク角度が $\theta 1$ よりも小さいときには、第2気筒の失火判定指標I2及び第4気筒の失火判定指標I4は、いずれも失火判定レベルLaより大きいので正常燃焼と誤った判定をすることになる。特に、アイドリングのようにエンジンへの負荷が小さく、燃焼圧力が上昇しない運転状況では、失火判定レベルLの設定が困難である。

【0103】そこで、本実施形態においては、前気筒の失火の有無により、失火判定レベルを変えることにより、連続失火にも対応できるようにしている。図11(A)に示すように、第1気筒の筒内圧力のように、一度失火が起った後再び燃焼が起ると筒内圧信号のTDC前の面積が同じ燃焼時の信号(第2気筒の信号)に比べて減少する。このため、(数2)に基づく信号処理をすると、失火判定指標I1は燃焼時の信号の場合の失火判定指標I2より大きくなる。また、第1気筒のような燃焼時の失火判定指標I1と第4気筒のような失火時の失火判定指標I4を比べると、やはり大きな差があることが分かる。つまり一度失火が起った場合、失火判定レベルを、図11に示すように、失火判定レベルLaから失火判定レベルLbに設定し直すことにより、クランク角度の変動によらず失火判定を確実にすることができる。

【0104】ここで、図12を用いて、上述した考えに基づいて連続失火が発生した場合における失火判定手段40Aの失火判定処理について説明する。図12は、本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置における連続失火時の失火判定手段の失火判定処理を示すフローチャートである。

【0105】本実施形態においては、失火発生の有無を示すフラグFの値によりレベルを変更するようにしている。ステップ1200において、失火判定手段40Aは、信号検出手段30Aが算出した失火を判定しようとする第n気筒について失火判定指標 $I_n$ を読み込む。次に、ステップ1210において、失火判定手段40Aは、エンジンの負荷に相当する吸入空気量とエンジン回転数とを読み込む。吸入空気量は、エンジンの運転状態を判断するために用いられるものであるため、吸入空気量に代えて、吸気負圧を読み込むようにすることもできる。

【0106】次に、ステップ1220において、失火判定手段40Aは、ステップ1210において読み込まれた吸入空気量とエンジン回転数の値に基づいて、エンジンの運転状態が予め指定した運転状態にあるか否かを判断し、指定運転状態にあるときは、ステップ1230に進み、指定運転状態になりときは、ステップ1250に進む。予め指定した運転状態とは、低負荷のアイドル状態など、失火誤判定を生みやすい運転状態である。指定運転領域にない場合には、ステップ1240において、失火判定手段40Aは、失火判定レベルを変更する必要はないので、フラグFの値によらずテーブル1から失火判定レベルを選択する。テーブル1の失火判定レベルは、図11の失火判定レベル $L_a$ に相当するものであり、吸入空気量あるいはまたエンジン回転数応じた値がテーブル1に与えられている。

【0107】一方、指定運転領域に有る場合には、ステップ1230において、失火判定手段40Aは、フラグFが“0”か“1”かを判定し、“0”の場合にはステップ1240に進み、“1”の場合には、ステップ1250に進む。ここで、フラグFが“0”の場合とは、前の気筒において失火が発生していない場合であり、図11(A)に示す例では、第1気筒、第2気筒、第3気筒の失火判定する場合である。一方、フラグFが“1”の場合とは、前の気筒において失火が発生している場合であり、図11(A)に示す例では、第4気筒の失火判定する場合である。

【0108】フラグFが“0”の場合には、ステップ1240において、失火判定手段40Aは、テーブル1から失火判定レベル $L_n$ を読み込む。そして、フラグFが“1”の場合には、ステップ1250において、失火判定手段40Aは、テーブル2から失火判定レベル $L_n$ を読み込む。テーブル2から読み込まれる失火判定レベルは図11(B)に示した失火判定レベル $L_b$ に相当する。即ち、フラグFが“1”の場合には、前の気筒で失火が発生しているため、図11において説明したように、連続失火の可能性があるので、失火判定レベルとして、 $L_b$ を用いるようにしている。

【0109】次に、ステップ1260において、失火判定手段40Aは、ステップ1240若しくはステップ1

250において読み込まれた失火判定レベル $L_a$ 、 $L_b$ とステップ1200において読み込まれた失火判定指標 $I_n$ の大小を比較し、失火判定指標 $I_n$ が失火判定レベル $L_a$ 、 $L_b$ 以下である時に失火と判定する。

【0110】さらに、ステップ1270において、失火判定手段40Aは、ステップ1260における判定で第n気筒に失火が発生していたか否かを判定し、失火が発生した場合には、ステップ1280に進み、失火が発生していない場合には、ステップ1290に進む。

【0111】ステップ1280において、失火判定手段40Aは、失火が発生している場合にはフラグFを“1”とし、また、ステップ1290において、失火判定手段40Aは、失火が発生していない場合にはフラグFを“0”とする。フラグFは、ステップ1230～1250において、次の気筒の失火判定の際に用いられる。これにより、次の気筒の失火判定をする際、運転状態が再び指定運転領域にあれば、以上の繰り返しにより、失火判定レベルを $L_a$ と $L_b$ のように変更することができる。

【0112】なお、二つの気筒が一つおきに失火する場合は、図10に示した一つの気筒で失火が発生した場合と同じである。また、三つ以上の気筒が失火する場合は既にエンジンが止まってしまうような状況となるため、ここでは失火判定の対象としてはおらず、そのような状況に至る前に失火を捉える必要がある。

【0113】図11に示した燃焼時の第2気筒に対する筒内圧変化と、失火時の第4気筒に対する筒内圧変化は、共に、TDCに対する信号の対称性、即ちTDC前後の面積比の点から見ると、信号重畳をしていない通常の信号に近いものである。従って、第2気筒のような燃焼時と第4気筒のような失火時の間で設定の困難であった失火判定レベルが、信号を重畳することにより、第2気筒のような燃焼時と第3気筒のような失火時、あるいは第1気筒のような燃焼時と第4気筒のような失火時の間で容易に設定できるようになる。これにより、本実施形態では、エンジンの低負荷運転領域を含む全域で精度よい失火判定を行うことが確認できる。

【0114】本実施形態においては、光ファイバ筒内圧センサ70によって得られる信号は、各気筒の筒内圧信号がはじめてから重畳された形で得られる。従って、個々の受圧部78A、78B、78C、78Dに起因する特性のばらつきは、次のようにして信号検出手段30Aによって補正される。即ち、バイアス変動分は、重畳信号全体の正負方向へのシフトとして現われるので、筒内圧ピーク間の最小値あるいはその平均値等を検出することで信号全体のバイアス補正値を決定し、補正できる。また、気筒毎のゲインのばらつきは、重畳された信号に現われる筒内圧のピーク値を互いに比較することで近似的な補正係数を求め、ばらつき影響を低減できる。

【0115】次に、積分領域Cの開始クランク角度 $\theta_c$



をリアルタイムに求める場合の計算式について、(数3)を用いて説明する。

【0116】

【数3】

$$\theta_c = \theta_{ign} + \theta_s$$

$\theta_c$ ・・・領域C開始クランク角度

$\theta_{ign}$ ・・・点火クランク角度

$\theta_s$ ・・・補正角度

【0117】なお、ここで、 $\theta_c$ は領域Cの開始クランク角度であり、 $\theta_{ign}$ は点火クランク角度であり、 $\theta_s$ は補正角度である。

【0118】積分領域Cは、燃焼圧力の上昇範囲を確実に含むと同時に、圧縮行程での圧力変化を含まないようにするのが望ましいものである。そこで、(数3)においては、積分領域の開始点を点火時期基準に選ぶようにしている。具体的には、点火クランク角度 $\theta_{ign}$ に対して予め設定した補正角度 $\theta_s$ を加えた値を積分領域Cの開始クランク角度 $\theta_c$ としている。補正角度 $\theta_s$ を設けることにより、積分領域Cを確実に燃焼領域内にとれるようにしている。

【0119】上述したように、領域の開始・終了クランク角度をあらかじめTDC基準に決めておく場合でも、領域Cの開始クランク角度を(数3)のようにとると、点火時期の変動に依らず、燃焼圧力上昇部分を確実に捉えるようにできる。

【0120】同様に、領域Gの終点を点火時期基準に決めることもできる。この場合、補正角度 $\theta_s$ は負の角度にすればよい。但し、領域Gの終点は点火時期前に設定するため、領域設定時に最新の点火時期がまだ決まっていないことがある。その場合、例えば一つ前の燃焼時の点火時期、あるいは一定運転期間についてみた点火の平均時期を基準に領域Gの終点を求めることができる。

【0121】なお、図8に示したように、筒内圧検出手段及び信号重畳手段として、光ファイバ筒内圧センサ70を用いる場合にも、信号検出手段や失火判定手段として、図1において説明した信号検出手段30や失火判定手段40を用いることもできる。

【0122】以上説明したように、本実施形態によれば、重畳された筒内圧信号において、失火が生じた場合、信号波形の著しい変化が生じ、筒内圧信号波形のピストン上死点(TDC)前後の対称性に明確な変化が生じることを利用して、判定対象の気筒のピーク後の領域を用いて、失火判定を確実に行うようにできる。

【0123】また、その変化を失火判定指標Iに置き換えて、これを失火判定レベルLと比較して、失火状態であると判定するようにしているため、確実に失火判定を

行うことができるとともに、記憶容量が小さくでき、演算処理も簡単になるため、実用的な失火判定を行えるものとなる。

【0124】また、筒内圧信号のバイアスとゲインを補正するようにしているため、より正確な失火判定を行えるものとなる。

【0125】さらに、連続失火が発生した場合にも、失火判定レベルを切り替えて使用することにより、正確な失火判定が可能となる。

【0126】

【発明の効果】本発明によれば、内燃機関の燃焼状態検出装置において、低負荷領域等においても失火判定を精度よく行え、かつ、自動車に搭載して使用可能な実用的なものとなることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置の全体構成を示すブロック図である。

【図2】本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置に用いる筒内圧検出手段によって検出された筒内圧信号の波形図である。

【図3】本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置に用いる信号重畳手段によって重畳された筒内圧信号の波形図である。

【図4】本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置に用いる信号検出手段における失火判定指標Iの算出処理及び失火判定手段における失火判定処理の手順を示すフローチャートである。

【図5】本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置に用いる信号検出手段における失火判定指標Iの算出及び失火判定手段における失火判定の説明図である。

【図6】本発明の第2の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置の全体構成を示すブロック図である。

【図7】本発明の第2の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置に用いる信号補正手段のブロック図である。

【図8】本発明の第3の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置の全体構成を示すブロック図である。

【図9】本発明の第3の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置における特性ばらつきの補正及び失火判定レベルLの算出の原理説明図である。

【図10】本発明の第3の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置における失火判定の原理説明図である。

【図11】本発明の第3の実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置における失火判定の原理説明図である。

【図12】本発明の一実施形態による内燃機関の燃焼状態検出装置における連続失火時の失火判定手段の失火判定処理を示すフローチャートである。

【符号の説明】

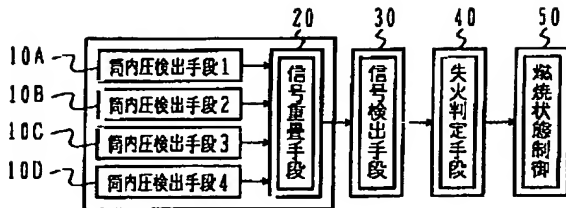
10・・・筒内圧検出手段



20…信号重畳手段  
 30…信号検出手段  
 40…失火判定手段  
 50…燃焼状態制御  
 60…信号補正手段  
 62…バイアス補正手段

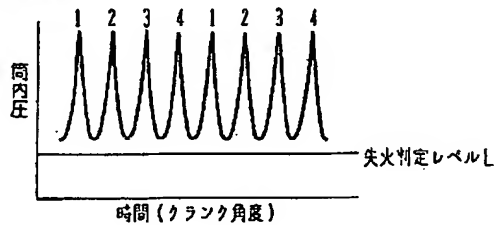
64…ゲイン補正手段  
 70…光ファイバ筒内圧センサ  
 72a…光源  
 72b…受光手段  
 74a, 74b…コネクタ  
 76…光ファイバ

【図1】

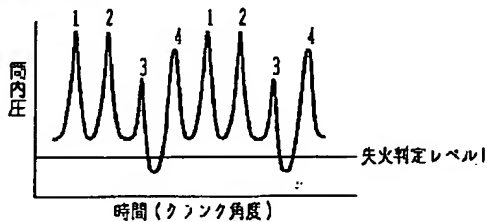


【図3】

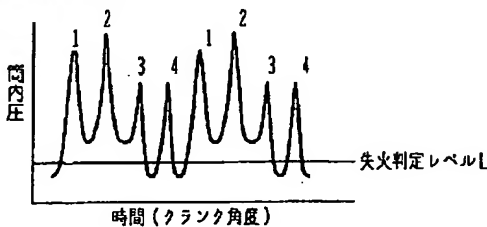
(A) 正常燃焼



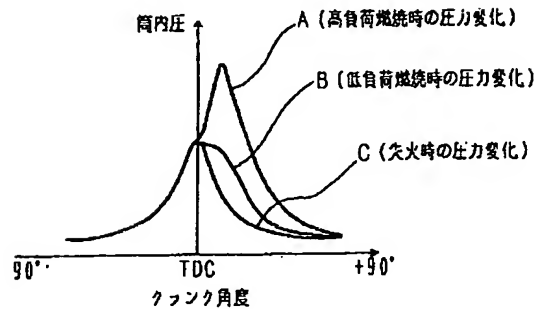
(B) 第3気筒失火



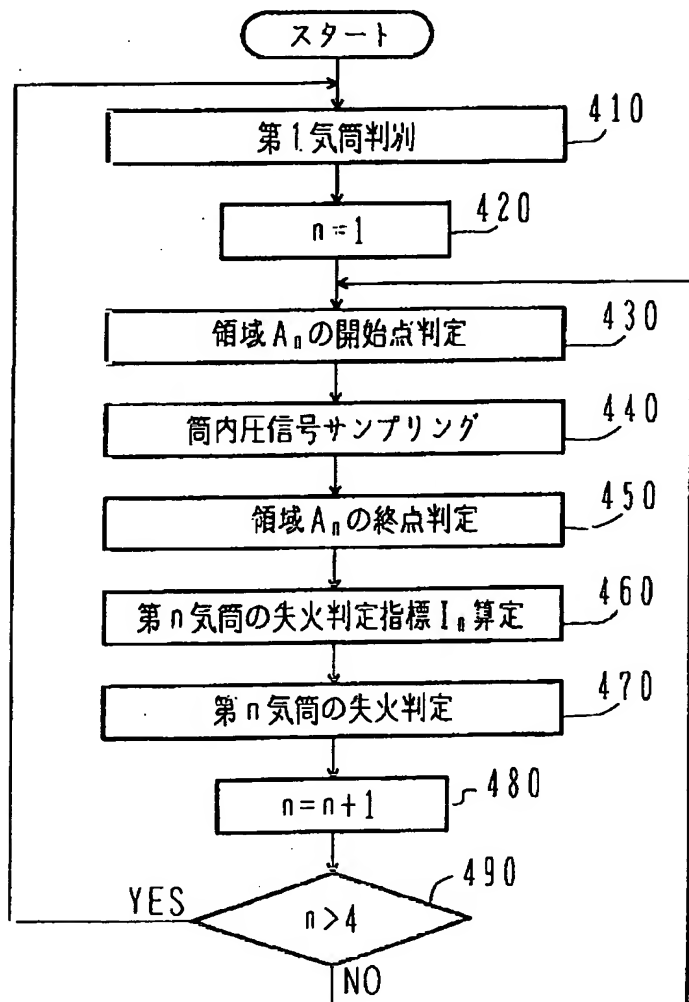
(C) 第3・第4気筒失火



【図2】

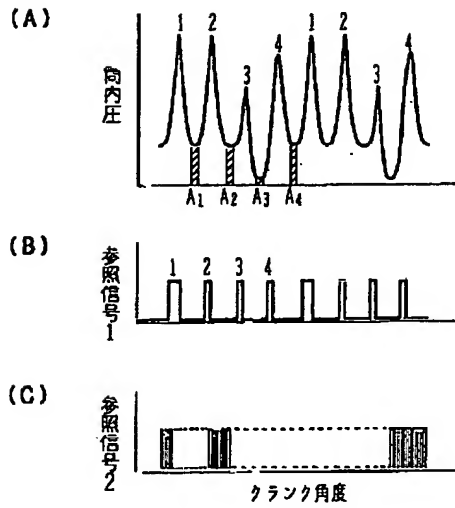


【図4】

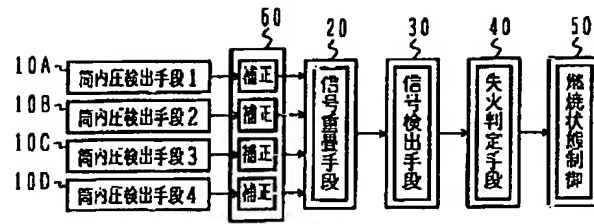


【図5】

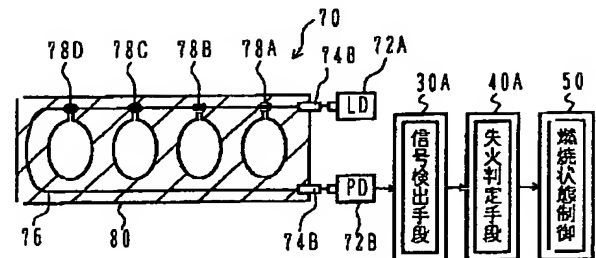
第3気筒失火の場合



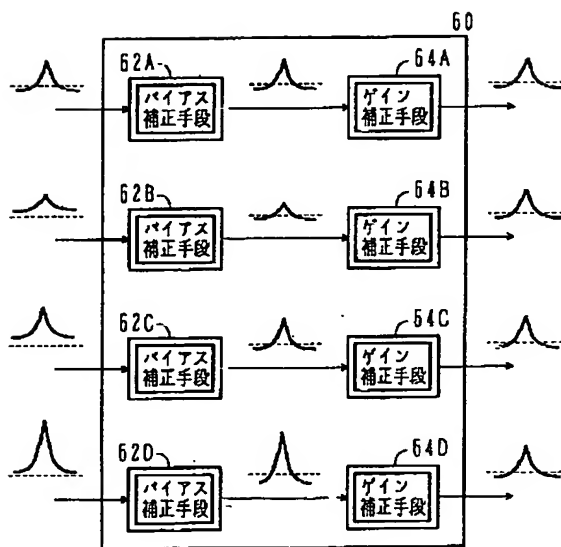
【図6】



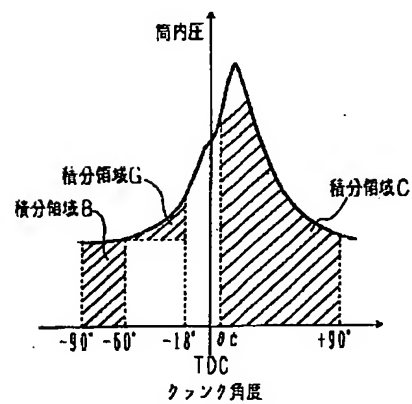
【図8】



【図7】



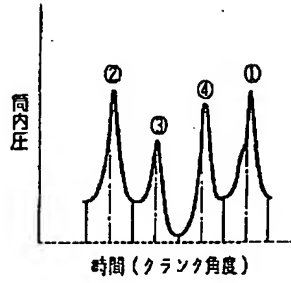
【図9】



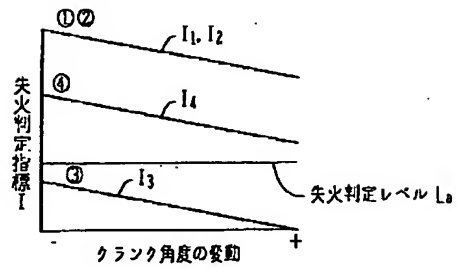
【図10】

(A)

第3気筒失火



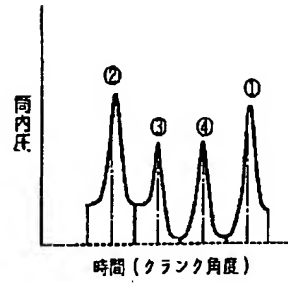
(B)



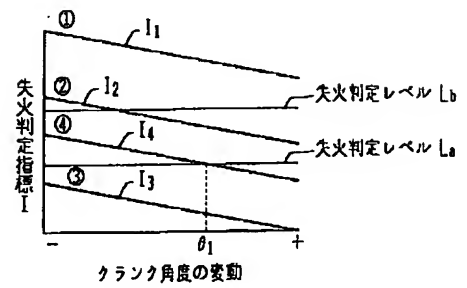
【図11】

(A)

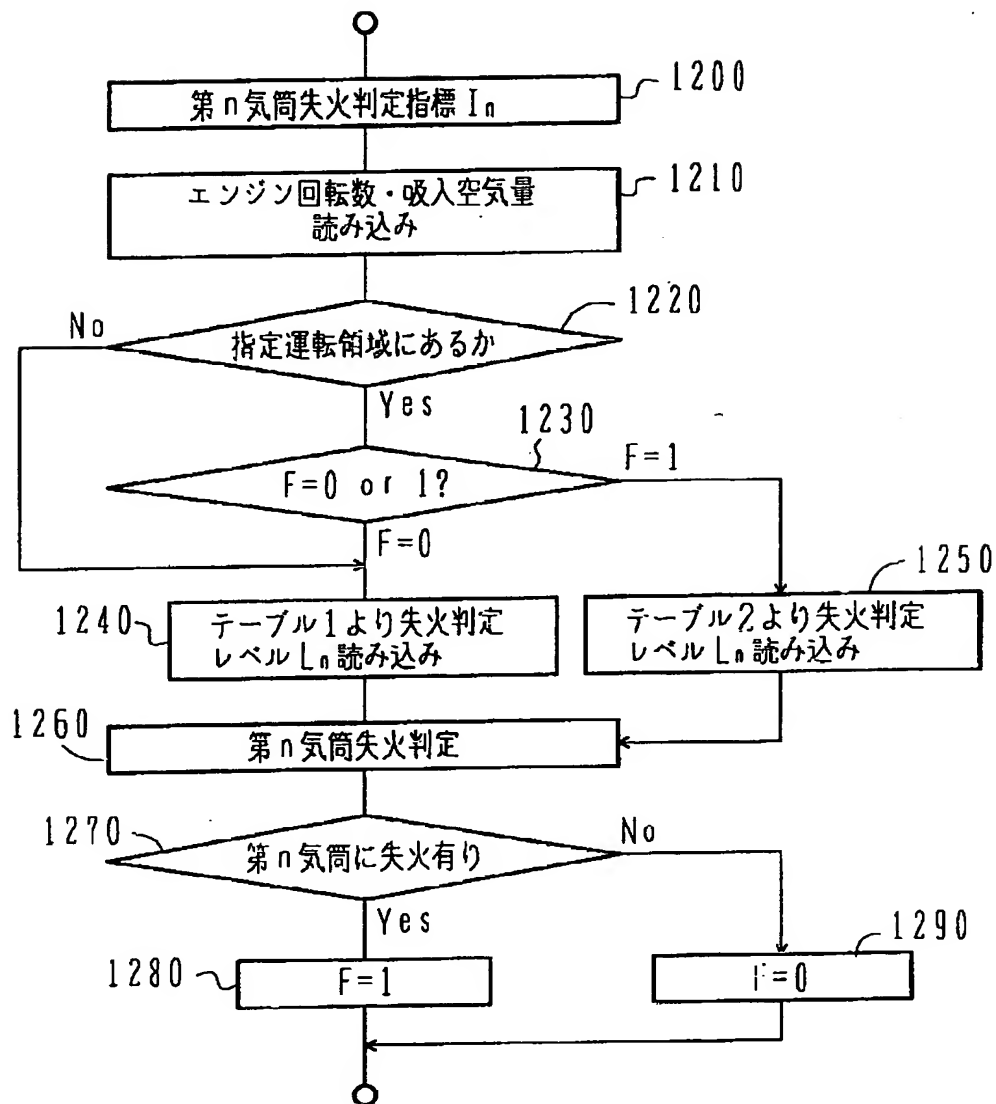
第3・第4気筒失火



(B)



【図12】



フロントページの続き

(72)発明者 坂口 龍範  
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株  
式会社日立製作所自動車機器事業部内

(72)発明者 文野 高之  
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株  
式会社日立製作所自動車機器事業部内  
(72)発明者 渡辺 静久  
茨城県ひたちなか市大字高場2520番地 株  
式会社日立製作所自動車機器事業部内

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 11-082150

(43)Date of publication of application : 26.03.1999

(51)Int.Cl.

F02D 45/00

G01M 15/00

(21)Application number : 09-245109

(71)Applicant : HITACHI LTD

(22)Date of filing : 10.09.1997

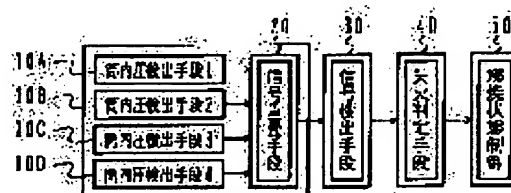
(72)Inventor : KOMACHIYA MASAHIRO  
KURIHARA NOBUO  
KODAMA ATSUNORI  
SAKAGUCHI TATSUNORI  
FUMINO TAKAYUKI  
WATANABE SHIZUHISA

## (54) COMBUSTION STATE DETECTING DEVICE FOR INTERNAL COMBUSTION ENGINE

### (57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a practical combustion state detecting device for an internal combustion engine capable of judging misfire with accuracy even in a low load area or the like and usable being mounted on an automobile.

**SOLUTION:** Cylinder pressure signals of the respective cylinders of an internal combustion engine detected by a plurality of cylinder pressure detecting means 10A, 10B, 10C, 10D are superposed by a signal superposing means 20. On the basis of the superposed cylinder pressure signals, a signal detecting means 30 computes a misfire judgment index, and a misfire judging means 40 judges a misfire state using the misfire judgment index and a misfire judgment level. With the use of the superposed cylinder pressure signals, a notable change in the symmetry of signal waveform across TDC can be obtained according to the presence of misfire, so that misfire judgment can be positively made in the whole combustion area of the engine.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

- 1.This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
- 2.\*\*\*\* shows the word which can not be translated.
- 3.In the drawings, any words are not translated.

---

**CLAIMS**

---

**[Claim(s)]**

[Claim 1] In the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine which has two or more cylinder internal pressure detection means to detect the cylinder internal pressure of each gas column of an internal combustion engine, and a flame-failure judging means to judge a flame-failure condition using the cylinder internal pressure detected by these cylinder internal pressure detection means Combustion condition detection equipment of the internal combustion engine characterized by judging a flame-failure condition using the cylinder internal pressure signal on which was equipped with a signal superposition means to superimpose the cylinder internal pressure signal of two or more gas columns detected by two or more above-mentioned cylinder internal pressure detection means, and it was superimposed by this signal superposition means.

[Claim 2] The inside of the cylinder internal pressure signal on which it was further superimposed by the above-mentioned signal superposition means in the combustion condition detection equipment of an internal combustion engine according to claim 1, It has a signal detection means to compute the flame-failure judging index corresponding to the minimal value which appears after the peak value corresponding to each gas column. The above-mentioned flame-failure judging means Combustion condition detection equipment of the internal combustion engine characterized by comparing the flame-failure judging level set up beforehand with the flame-failure judging index computed by the above-mentioned signal detection means, and judging a flame-failure condition.

[Claim 3] The inside of the cylinder internal pressure signal on which it was further superimposed by the above-mentioned signal superposition means in the combustion condition detection equipment of an internal combustion engine according to claim 1, Based on the cylinder internal pressure signal in the combustion pressure-buildup range after the ignition in each gas column on which it was superimposed, it has a signal detection means to compute a flame-failure judging index. The above-mentioned flame-failure judging means Combustion condition detection equipment of the internal combustion engine characterized by comparing the flame-failure judging level set up beforehand with the flame-failure judging index computed by the above-mentioned signal detection means, and judging a flame-failure condition.

[Claim 4] The above-mentioned flame-failure judging means is combustion condition detection equipment of the internal combustion engine characterized by changing the flame-failure judging level used for the flame-failure judging in the following gas column when a flame-failure condition is judged [ in / on the combustion condition detection equipment of an internal combustion engine according to claim 3, and / a front gas column ].

[Claim 5] Combustion condition detection equipment of the internal combustion engine characterized by to judge a flame-failure condition using the cylinder internal pressure signal which is equipped with an amendment means to amend dispersion in the detection property of the cylinder internal pressure detection means of further the above-mentioned plurality, in the combustion condition detection equipment of an internal combustion engine according to claim 1, and by which property dispersion was amended with this amendment means.

[Claim 6] It is combustion condition detection equipment of the internal combustion engine characterized by amending the bias and gain of the cylinder internal pressure signal by which the above-mentioned amendment means was detected by the above-mentioned cylinder internal pressure detection means in the combustion condition detection equipment of an internal combustion engine according to claim 5.

[Claim 7] In the combustion condition detection equipment of an internal combustion engine according to claim 5 the above-mentioned amendment means Bias correction value is acquired with the signal of a field with little signal superposition effect to the bias in each gas column among the cylinder internal pressure



signals on which it was superimposed by the above-mentioned signal superposition means. Gain is acquired with the signal of the field which catches the rate of the pressure buildup in the compression stroke before the thing explosion combustion in each gas column among the cylinder internal pressure signals on which it was superimposed by the above-mentioned signal superposition means. Combustion condition detection equipment of the internal combustion engine characterized by amending the bias and gain of the cylinder internal pressure signal detected by the above-mentioned cylinder internal pressure detection means.

[Claim 8] It is combustion condition detection equipment of the internal combustion engine characterized by \*\* constituted by the optical fiber which has the pressure-receiving section which receives the combustion pressure of each gas column, and light-receiving means receive the light which passed this optical fiber while the above-mentioned cylinder internal-pressure detection means and the above-mentioned signal superposition means transmit the light from the light source and this light source in the combustion condition detection equipment of an internal combustion engine according to claim 1.

---

[Translation done.]

**\* NOTICES \***

**JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.**

1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

---

**DETAILED DESCRIPTION**

---

[Detailed Description of the Invention]

[0001]

[Field of the Invention] This invention relates to the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine which detects an internal combustion engine's combustion condition, and relates to the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine which detects the existence of the flame failure of each gas column of a multiple cylinder engine especially.

[0002]

[Description of the Prior Art] It is important, when controlling an internal combustion engine to detect the existence of the flame failure of each gas column of a multiple cylinder engine. For example, in the Lean threshold control which dilutes a fuel to the limitation of not affecting drivability for the purpose of improvement in a fuel economy, if the rate of a fuel to air becomes thin too much, a flame failure will arise. Then, by controlling in the direction which increases the fuel oil consumption of the gas column to which the existence of a flame failure was detected and the flame failure happened, a flame-failure condition can be recovered, lean combustion can be performed, and a fuel economy can be improved.

[0003] As an approach of detecting the existence of the flame failure of each gas column, the following two approaches are learned, for example. The 1st approach detects an internal combustion engine's gas column internal pressure ("cylinder internal pressure" is called hereafter), and detects the existence of flame-failure generating based on the integral value or the average of change of cylinder internal pressure as indicated by JP,64-15937,U. By this approach, since a firing pressure will not specifically go up if a flame failure occurs, when the integral value or the average of cylinder internal pressure change decreases compared with the time of normal combustion at the time of a flame failure, a flame failure is detectable.

[0004] The 2nd approach tends to catch change of a combustion condition including a flame failure in a detail by comparing the reference signal wave (criteria combustion condition) determined from the optimal combustion condition beforehand memorized in memory (ROM) with the signal wave form of the cylinder internal pressure detected by the predetermined approach according to an inhalation air content, rotational speed, and a crank angle signal as indicated by JP,60-166739,A.

[0005]

[Problem(s) to be Solved by the Invention] However, in the 1st approach, like [ at the time of the idling with the small load to an engine ], even if it was normal combustion, when there were few rises of a firing pressure, there was a problem that a flame-failure judging was difficult. That is, since the integral value of the cylinder internal pressure change at the time of a flame failure or the average, and the integral value or the average of cylinder internal pressure change at the time of normal combustion like [ at the time of an idling ] is almost equal, both distinction is difficult for it and a positive flame-failure judging is difficult for it.

[0006] Also in a low-load-driving field, it is thought to it that the detailed flame-failure judging of the 2nd approach is possible. However, it sets throughout the engine combustion from a low-load-driving field to a heavy load operating range. The reference signal wave determined from the optimal combustion condition beforehand memorized in memory (ROM) according to an inhalation air content, rotational speed, and a crank angle signal (criteria combustion condition), the storage capacity of the memory (ROM) which should be beforehand prepared for the 1st if it is going to compare the signal wave form of the cylinder internal pressure detected by the predetermined approach -- rather -- large -- not carrying out -- for not obtaining but carrying in an automobile, it is not practical. Moreover, since the throughput of the engine control oriented microcomputer for the comparison operation of a reference signal wave (criteria combustion condition) and the signal wave form of cylinder internal pressure becomes large the 2nd, for the microcomputer carried in

the current car not being of use for processing, and carrying out by carrying in an automobile, it is not practical.

[0007] The purpose of this invention is to be able to perform a flame-failure judging with a sufficient precision also in a low load field etc., and carry in an automobile, and offer an usable practical internal combustion engine's combustion condition detection equipment.

[0008]

[Means for Solving the Problem]

In order to attain the above-mentioned purpose, (1) This invention In the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine which has two or more cylinder internal pressure detection means to detect the cylinder internal pressure of each gas column of an internal combustion engine, and a flame-failure judging means to judge a flame-failure condition using the cylinder internal pressure detected by these cylinder internal pressure detection means It has a signal superposition means to superimpose the cylinder internal pressure signal of two or more gas columns detected by two or more above-mentioned cylinder internal pressure detection means, and a flame-failure condition is judged using the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed by approaching this signal superposition means. By this configuration, when a flame failure arises in the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed, a flame-failure judging can be ensured using a remarkable change of a signal wave form arising and a clear change arising in the symmetric property before and behind the piston top dead center (TDC) of a cylinder internal pressure signal wave form.

[0009] (2) The inside of the cylinder internal pressure signal on which it was preferably superimposed further by the above-mentioned signal superposition means in the above (1), It has a signal detection means to compute the flame-failure judging index corresponding to the minimal value which appears after the peak value corresponding to each gas column. The above-mentioned flame-failure judging means The flame-failure judging level set up beforehand is compared with the flame-failure judging index computed by the above-mentioned signal detection means, and a flame-failure condition is judged. By this configuration, a flame-failure judging index is compared with flame-failure judging level, and since storage capacity is made small and data processing also becomes easy while being able to ensure a flame-failure judging, since he is trying to judge with it being in a flame-failure condition, a practical flame-failure judging can be performed.

[0010] (3) The inside of the cylinder internal pressure signal on which it was preferably superimposed further by the above-mentioned signal superposition means in the above (1), Based on the cylinder internal pressure signal in the combustion pressure-buildup range after the ignition in each gas column on which it was superimposed, it has a signal detection means to compute a flame-failure judging index. The above-mentioned flame-failure judging means The flame-failure judging level set up beforehand is compared with the flame-failure judging index computed by the above-mentioned signal detection means, and a flame-failure condition is judged. By this configuration, a flame-failure judging index is compared with flame-failure judging level, and since storage capacity is made small and data processing also becomes easy while being able to ensure a flame-failure judging, since he is trying to judge with it being in a flame-failure condition, a practical flame-failure judging can be performed.

[0011] (4) In the above (3), preferably, further, the above-mentioned flame-failure judging means changes the flame-failure judging level used for the flame-failure judging in the following gas column, when a flame-failure condition is judged in a front gas column. Since the flame-failure judging level used for the flame-failure judging in the following gas column was changed when a flame-failure condition was judged in a front gas column by this configuration, a flame-failure judging can be ensured also at the time of generating of a continuation flame failure.

[0012] (5) In the above (1), it has an amendment means to amend dispersion in the detection property of the cylinder internal pressure detection means of desirable further the above-mentioned plurality, and be made to judge a flame-failure condition using the cylinder internal pressure signal by which property dispersion was amended with this amendment means. By this configuration, since dispersion in the detection property of a cylinder internal pressure detection means was amended, an exact flame-failure judging can be performed.

[0013] (6) In the above (5), the above-mentioned amendment means amends preferably the bias and gain of a cylinder internal pressure signal which were detected by the above-mentioned cylinder internal pressure detection means. By this configuration, since dispersion in the detection property of a cylinder internal pressure detection means was amended, an exact flame-failure judging can be performed.

[0014] In the above (5) preferably (7) The above-mentioned amendment means Bias correction value is

acquired with the signal of a field with little signal superposition effect to the bias in each gas column among the cylinder internal pressure signals on which it was superimposed by the above-mentioned signal superposition means. Gain is acquired with the signal of the field which catches the rate of the pressure buildup in the compression stroke before the thing explosion combustion in each gas column among the cylinder internal pressure signals on which it was superimposed by the above-mentioned signal superposition means, and the bias and gain of a cylinder internal pressure signal which were detected by the above-mentioned cylinder internal pressure detection means are amended. By this configuration, since dispersion in the detection property of a cylinder internal pressure detection means was amended, an exact flame-failure judging can be performed.

[0015] (8) In the above (1), preferably, the optical fiber which has the pressure receiving section which receives the combustion pressure of each gas column, and a light-receiving means to receive the light which passed this optical fiber constitute the above-mentioned cylinder internal pressure detection means and the above-mentioned signal superposition means while they transmit the light from the light source and this light source.

[0016]

[Embodiment of the Invention] Hereafter, the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine by 1 operation gestalt of this invention is explained using drawing 1 - drawing 5. First, drawing 1 is used and the whole combustion condition detection equipment configuration of the internal combustion engine by 1 operation gestalt of this invention is explained. In addition, in the following operation gestalten, although explained taking the case of 4 stroke 4-cylinder gasoline engine, it is applicable also like the flame-failure detection in the internal combustion engine of other methods. Drawing 1 is the block diagram showing the whole combustion condition detection equipment configuration of the internal combustion engine by 1 operation gestalt of this invention.

[0017] The cylinder internal pressure detection means 10A, 10B, 10C, and 10D are formed in each engine gas column, detect the cylinder internal pressure of each gas column, and output a cylinder internal pressure signal. For example, the semiconductor pressure sensor of the piezo-electric formula using the silicon single crystal as cylinder internal pressure detection means 10A, 10B, 10C, and 10D, the pressure sensor using a strain gage, etc. are used. A cylinder internal pressure detection means can also use the pressure sensor using an optical fiber which is mentioned later just possible [ detection of the cylinder internal pressure which is not restricted to these objects and can be in an elevated-temperature high-pressure condition ].

[0018] The signal superposition means 20 piles up the cylinder internal pressure signal of each gas column detected by the cylinder internal pressure detection means 10A, 10B, 10C, and 10D. In this operation gestalt, it has the description to having tried to judge a flame failure conventionally based on the cylinder internal pressure detected for every gas column at the point which superimposes the detecting signal of all cylinder internal pressure using the signal superposition means 20.

[0019] For example, the linearity adder circuit of the signal which was constituted using an operation amplifier as a signal superposition means 20 and which is generally known etc. is used. In addition, in using the pressure sensor using a strain gage as cylinder internal pressure detection means 10A, 10B, 10C, and 10D, since linearity composition of the output of each strain gage is possible, this serial wiring will constitute a signal superposition circuit by carrying out serial wiring of each strain gage.

[0020] Here, the cylinder internal pressure signal detected by the cylinder internal pressure detection means 10A, 10B, 10C, and 10D is explained using drawing 2. Drawing 2 is the wave form chart of the cylinder internal pressure signal detected by the cylinder internal pressure detection means used for the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine by 1 operation gestalt of this invention.

[0021] In drawing 2, the axis of abscissa shows whenever [ crank angle ]. Although each stroke of inhalation-of-air-compression-ignition / explosion-exhaust air is repeated while whenever [ crank angle ] is 720 degrees, in 4 stroke engine, it shows centering on the compression top dead center TDC (Top Dead Center) in drawing 2 like [ a part of ] ignition / explosion line from the compression stroke of the range of -90 to +90 degrees. In addition, although the timing of ignition changes according to operational status, it shall be lit to the timing of the compression top dead center TDC on account of explanation here. The axis of ordinate shows cylinder internal pressure, and cylinder internal pressure changes so that it may illustrate like compression - ignition / explosion line. Although it also sets like an intake stroke or an exhaust air line and cylinder internal pressure changes, the variation is small compared with change of the cylinder internal pressure at the time of explosion, and cylinder internal pressure [ in / on the condition of illustration and / internal pressure / which can be set like an intake stroke or an exhaust air line / cylinder / in whenever / crank angle / -90 degrees or +90 degrees ] is maintained mostly.

[0022] While a compression stroke progresses, cylinder internal pressure increases gradually. And when lit in the compression top dead center TDC, the cylinder internal pressure which can be set like an explosion line shows pressure variation which is illustrated at the time of C flame failure at the time of B low load combustion at the time of A high intensity combustion. In addition, in drawing, cylinder internal pressure change standardized by the pressure variation of a compression stroke is shown. A flame failure is in a condition without the pressure buildup by combustion. Since compression of the gas by movement of a piston is performed also in the time of a flame failure, the cylinder internal pressure change at the time of a flame failure serves as symmetry mostly before and behind whenever [ crank angle / to which a piston goes up most ], i.e., TDC. On the other hand, when combustion takes place, the pressure buildup by combustion is generated mainly after TDC.

[0023] As shown in drawing 2, by operational status with a large firing pressure, change of the cylinder internal pressure of (C) differs like [ at the time of a high intensity combustion ] at the time of (A) and a flame failure at the time of normal combustion. Therefore, a flame failure is easily detectable as a fall of the peak value of cylinder internal pressure also by the flame-failure judging approach using the conventional integral value and the conventional average of change of cylinder internal pressure. However, even if it is normal combustion like [ at the time of the idling with the small load to an engine ], when there are few rises of a firing pressure, in (B), the peak value of the cylinder internal pressure accompanying combustion does not differ from (C) greatly at the time of a flame failure. Therefore, when there are few rises of a firing pressure, it is difficult to catch a flame failure from change of cylinder internal pressure peak value generally. For this reason, as for flame-failure detection, it is common to pay one's attention to the symmetric property of the signal before and behind Above TDC.

[0024] Next, the case where a cylinder internal pressure signal is superimposed is explained using drawing 3. Drawing 3 is the wave form chart of the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed by the signal superposition means used for the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine by 1 operation gestalt of this invention.

[0025] In the engine of a 4-cylinder, in whenever [ crank angle ], 180 degrees of change of the cylinder internal pressure signal for every gas column shown in drawing 2 shift at a time, and they occurs. It has set in each gas column, and as the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed when normal combustion was performed also shows a gap to drawing 3 R> 3 (A), it becomes the symmetrical signal wave form repeated periodically. In addition, although 1, 2, 3, and 4 in drawing show the number of each gas column, they have attached the sign to the order in which ignition was performed like the 1st cylinder, the 2nd cylinder, the 3rd cylinder, and the 4th cylinder one by one here.

[0026] To it, a flame failure occurs in one gas column in a 4-cylinder, and drawing 3 (B) shows the cylinder internal pressure signal with which it was superimposed when other 3 cylinders were carrying out normal combustion. As shown in drawing 2, at the time of normal combustion, after ignition, cylinder internal pressure rises and becomes unsymmetrical [ cylinder internal pressure change ] before and behind TDC. On the other hand, if a flame failure occurs, it will become lack of the combustion pressure buildup by the flame failure, and cylinder internal pressure change will serve as symmetry before and behind TDC.

[0027] if the case where only one gas column carries out a flame failure is considered here, since bias of the signal at the time of the pressure buildup of a flame-failure gas column is carried out in the forward direction under the effect of a front gas column, the signal wave form of a flame-failure gas column is large in front of TDC -- after TDC, it becomes small. Although the cylinder internal pressure signal wave form at the time of a flame failure becomes the symmetry before and behind TDC when there is no signal superposition, in the case of the superimposed cylinder internal pressure signal, the TDC forward direction becomes larger than the back.

[0028] That is, if the cylinder internal pressure signal for a 4-cylinder is superimposed, it will appear as a fall of the signal level after the signal peak of a flame-failure gas column. That is, as shown in drawing 3 (B), while the peak of a cylinder [ 3rd ] signal falls, the signal level of the minimal value after a peak will fall. Moreover, the peak of the cylinder [ 4th ] signal following the 3rd cylinder which the flame failure generated also falls. In this operation gestalt, it is made to carry out a flame-failure judging using the level of this minimal value. As shown in drawing 3 (B), when the level of the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed from the flame-failure judging level L falls for example, he is trying to judge with the flame failure having occurred, although later mentioned about the example of this flame-failure judging using drawing 5.

[0029] Moreover, it may not generate only in the single gas column of the 4-cylinders, and a flame failure may be generated in two gas columns. For example, drawing 3 (C) shows the case where a flame failure

occurs in the 3rd cylinder and the 4th cylinder. If a flame failure occurs in the 3rd cylinder and the 4th cylinder, while the peak value of the signal over the 3rd cylinder, the 4th cylinder, and the 1st cylinder will fall, the signal level of the minimal value after the peak over the 3rd cylinder and the 4th cylinder will fall. [0030] If a flame failure occurs in three gas columns or four gas columns among the combustion cycles of the engine of a 4-cylinder, since an engine will stop, generally the need for a flame-failure judging is not produced.

[0031] Next, it returns to drawing 1 and the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed by the signal superposition means 20 is inputted into the signal detection means 30. The signal detection means 30 computes the flame-failure judging index I corresponding to the minimal value of the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed while changing the inputted analog signal into a digital signal. And it can ask for the flame-failure judging index I computed by having depended the flame-failure judging means 40 signal detection means 30 beforehand, and as compared with the flame-failure judging level L memorized, the flame-failure judging index I judges with it being in a flame-failure condition, when lower than the flame-failure judging level L. The flame-failure judging level L is beforehand memorized in memory (ROM) according to an inhalation air content, rotational speed, and a crank angle signal in the whole region of the engine combustion from a low-load-driving field to a heavy load operating range. Or the whole region of engine combustion is divided into some representation fields, and you may make it memorize it for every field. By the approach using the signal wave form of the conventional cylinder internal pressure, since it is necessary to memorize the signal wave form itself which is two-dimensional information (time amount and cylinder internal pressure), memory capacity becomes large, but memory capacity becomes small in order to only remember that the flame-failure judging level L mentioned above with this operation gestalt. Moreover, since it is necessary to compare the signal wave form remembered to be the detected signal wave form and the comparison-operation processing only compares the flame-failure judging index I with the flame-failure judging level L to becoming huge conventionally, data processing also becomes easy.

[0032] If a flame failure is judged in the flame-failure judging means 40, the combustion state control means 50 will control the combustion condition of the gas column which the flame failure generated. Since a flame failure will arise if the rate of a fuel to air becomes thin too much, it controls by the Lean threshold control which dilutes a fuel as control of a combustion condition to the limitation of not affecting drivability for the purpose of improvement in a fuel economy, for example in the direction which increases the fuel oil consumption of the gas column to which the flame failure happened. Or if a flame failure is judged, the combustion state control means 50 will display flame-failure generating.

[0033] Here, the calculation approach of the flame-failure judging index I and the flame-failure judging approach are explained using drawing 4 and drawing 5. Drawing 4 is the flow chart which shows the procedure of calculation processing of the flame-failure judging index I in the signal-detection means used for the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine by 1 operation gestalt of this invention, and the flame-failure judging processing in a flame-failure judging means, and drawing 5 is the explanatory view of calculation of the flame-failure judging index I in the signal-detection means which uses for the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine by 1 operation gestalt of this invention, and the flame-failure judging in a flame-failure judging means in it.

[0034] What is necessary is just to calculate the minimal value generated after the peak value of each gas column, if the principle shown in drawing 3 is used in order to judge a flame failure. However, it is not practical to calculate the minimal value itself from the superposition value of the cylinder internal pressure signal detected to the engine which carries out high-speed rotation. That is, when the engine is rotating by 6000rpm, the time amount which is [ whenever / crank angle ] equivalent to 360 degrees is 100ms. Although it is also possible to calculate the minimal value if the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed for every degree whenever [ crank angle ] is sampled, the sampling timing in that case is set to 0.28ms. Supposing it judges a flame failure using the microcomputer used for an engine control system, also performing control of an engine, when it is going to sample a cylinder internal pressure signal every 0.28ms, processing of almost all microcomputers is spent on a flame-failure judging, and it becomes impossible to perform the engine control itself.

[0035] Then, he is trying to compute the flame-failure judging index I in this operation gestalt, as a signal corresponding to not the minimal value itself but the minimal value of the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed, so that it may explain below. That is, drawing 5 (A) shall show the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed, for example, the flame failure shall have occurred in the 3rd cylinder. He is trying to integrate with the signal detection means 30 about range A1 and A2, A3,



and A4 whenever [ containing the signal minimal value which appears the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed between the cylinder internal pressure peaks of each gas column / predetermined crank angle ]. Whenever [ each crank angle ], range A1 and A2, A3, and A4 are prepared in order to detect the cylinder internal pressure fall which appears after the signal peak of each gas column. The range is made into between whenever [ crank angle / which is set to  $\alpha$  whenever / crank angle / used as the minimal value ] whenever [ each crank angle ]. Although the value of an include angle  $\alpha$  is based also on spacing of a sampling, it is taken, for example like about 10 degrees by whenever [ crank angle ] here in the range from which it does not separate greatly from the minimal value of the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed.

[0036] In step 410 of drawing 4, the signal detection means 40 performs cylinder [ 1st ] distinction. Since it is necessary to know of which gas column of the 4-cylinders it is a flame failure in judging a flame failure, distinction which is the 1st cylinder is performed. Generally, the sensor etc. is outputting the reference signal REF for gas column distinction whenever [ crank angle / which is prepared in the engine ]. For example, the reference sign 1 shown in drawing 5 (B) shows the reference signal REF. Gas column distinction can be made to do the pulse train of the reference signal REF by the location of each standup being equivalent to the timing of the compression top dead center TDC of each gas column, and enlarging pulse width about the 1st cylinder.

[0037] You may make it the approach of gas column distinction change pulse width, for example about all gas columns in addition to the approach shown in drawing 5. Moreover, you may set up so that the standup of a pulse or the falling location may shift TDC of each gas column, and whenever [ fixed crank angle ]. A reference sign 1 can prepare a slit in the disk which rotates with a crankshaft as an example, and can obtain it by detecting the existence of the light which passes this. In this case, the signal with which the pulse width which synchronized with the combustion cycle differs can be acquired by adjusting the width of face of a slit.

[0038] 1 is set to Variable n in step 420. n is a variable showing the number of gas columns, and is taken as the calculation of a flame-failure judging index to the 1st cylinder, and processing of a flame-failure judging by setting 1 to n.

[0039] In step 430, the signal detection means 30 judges the start point of Field An. That is, as shown in drawing 5 (A), the field An for asking for the flame-failure judging index In corresponding to the minimal value is set up near the minimal value which appears after the peak of each gas column in the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed. Field An is made into the range of  $\alpha$ (TDC+90 degree) 10 degrees on the basis of the compression top dead center TDC. That is, the start point of Field An is TDC+80 degree.

[0040] The sensor etc. is outputting the position signal POS required in order to know whenever [ detailed crank angle ] whenever [ crank angle / which is prepared in the engine ]. For example, the reference sign 2 shown in drawing 5 (C) shows the position signal POS. A sensor generates a pulse with short width of face in whenever [ 1 time crank angle / every ] (1-degreeCA:Crank Angel) whenever [ crank angle ]. The start point of Field An is judged by carrying out counting of the pulse train of a reference sign 2 on the basis of the standup of a reference sign 1.

[0041] In step 440, the signal detection means 30 samples a cylinder internal pressure signal. A signal sampling is performed every 6 degrees for example, by whenever [ crank angle ]. In addition, a sampling period is not restricted to 6 degrees. As mentioned above, when Field An is made into the range of  $\alpha$ (TDC+90 degree) 10 degree, the cylinder internal pressure signals Pn1, Pn2, and Pn3 of three points on which it was superimposed are sampled.

[0042] In step 450, the signal detection means 30 judges the terminal point of Field An. The terminal point of Field An is judged by carrying out counting of the pulse train of a reference sign 2 on the basis of the standup of a reference sign 1.

[0043] In step 460, the signal detection means 30 computes the cylinder [ n-th ] flame-failure judging index In. It specifically asks for the sum of the cylinder internal pressure signals Pn1, Pn2, and Pn3 sampled in step 440, and the value of the sum is made into the flame-failure judging index In. By asking for the sum of two or more signals, it will ask for the area equivalent to each field An, and the noise effect on a cylinder internal pressure signal can be reduced by reflecting two or more sampling values in a field in a judgment. In addition, it can also consider as the flame-failure judging index In with the minimum value in the sampled cylinder internal pressure signals Pn1, Pn2, and Pn3.

[0044] Next, in step 470, with the flame-failure judging index In computed in step 460, the flame-failure judging means 40 is searched for beforehand, and as compared with the flame-failure judging level L

memorized, the flame-failure judging index I judges that it is in a flame-failure condition, when lower than the flame-failure judging level L. The flame-failure judging level L is beforehand memorized in memory (ROM) according to an inhalation air content, rotational speed, and a crank angle signal in the whole region of the engine combustion from a low-load-driving field to a heavy load operating range.

[0045] Engine cylinder internal pressure mainly serves as a factor representing an engine load of the inhalation air content Q. It is because it does not depend on the existence of a flame failure but depends for the cylinder internal pressure change by the reciprocating motion of a piston on the inhalation air content Q. Moreover, also with rotational speed, since cylinder internal pressure changes by the difference in valve timing, rotational speed also memorizes the flame-failure judging level L as a factor. The judgment type of the flame failure which changed flame-failure judging level by the inhalation air content Q and engine-speed N is shown in several 1.

[0046]

[Equation 1]

$$I_n \leq L_n (N, Q)$$

$I_n$  . . . 第n気筒の失火判定指標

$L_n$  . . . 第n気筒の失火判定しきい値

$N$  . . . エンジン回転数

$Q$  . . . 負荷 (吸入空気量)

[0047] The flame-failure judging level  $L_n (Q, N)$  of several 1 can be beforehand held in the form of the map centering on an inhalation air content and an engine speed. In this case, based on the inhalation air content Q which the engine control unit has, and the information on engine-speed N, the flame-failure judging means 40 is a call about the flame-failure judging level  $L_n (Q, N)$  which corresponds from the map of flame-failure judging level according to each gas column, and uses this for a flame-failure judging. By changing level for every gas column, a more exact flame-failure judging can be performed also in the situation which has dispersion in a property in the cylinder internal pressure detection means 10. In addition, if flame-failure judging level for every gas column is carried out in common, the number of maps one and they can reduce the amount of the memory (ROM) which should be prepared beforehand.

[0048] Furthermore, in step 480, 1 is added to Variable n, in step 490, it judges whether Variable n is larger than 4, and with [ n ] four [ or less ], step 430 is asked for a flame-failure judging index, and a flame-failure judging is performed to it about return, the 2nd cylinder, the 3rd cylinder, and the 4th cylinder, respectively. If n is set to 5, step 410 will be repeatedly asked for a flame-failure judging index from return and the 1st cylinder, and a flame-failure judging will be performed.

[0049] If the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed is shown, for example, a flame failure occurs in the 3rd cylinder, since the flame-failure judging index I3 in field A3 will become smaller than the flame-failure judging level L, drawing 5 (A) becomes possible [ judging with the flame failure having occurred in the 3rd cylinder ].

[0050] The signal detection means 30 and the flame-failure judging means 40 can be constituted in an engine control unit as some engine control systems with the microcomputer which is the combustion state control means 50.

[0051] In addition, in the above explanation, although it is a top whenever [ crank angle ] and the field and detection timing of signal detection are decided at counting the pulse number of the position signal POS of a reference sign 2, when such a reference sign cannot be used, the mean time between the pulses of a reference sign 1 (REF) may be found on the basis of the clock of the microcomputer in for example, an engine control unit, and the field and detection timing of signal detection may be decided based on this in a time domain.

[0052] It can ask beforehand, and when lower than the flame-failure judging level L, he is trying according to this operation gestalt, to compute the flame-failure judging index I corresponding to the minimal value of the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed by the signal superposition means, and for the flame-failure judging index I to judge that the computed flame-failure judging index I is in a flame-failure condition as compared with the flame-failure judging level L memorized, as explained above.

[0053] Moreover, since memory capacity is made small and only compares the flame-failure judging index I with the flame-failure judging level L in order to carry out a flame-failure judging using flame-failure

judging level, data processing also becomes easy and a practical flame-failure judging can be performed. [0054] Next, the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine by the 2nd operation gestalt of this invention is explained using drawing 6 and drawing 7. Drawing 6 is the block diagram showing the whole combustion condition detection equipment configuration of the internal combustion engine by the 2nd operation gestalt of this invention, and drawing 7 is a block diagram of a signal amendment means used for the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine by the 2nd operation gestalt of this invention. In this operation gestalt, the same sign as drawing 1 shows the same part.

[0055] There may be dispersion in the output characteristics of the cylinder internal pressure detection means 10. Then, in this operation gestalt, after amending dispersion in output characteristics using the signal amendment means 60, it can be made to perform the flame-failure judging which cannot be easily dispersion influenced of the output characteristics of the cylinder internal pressure detection means 10 by piling up each signal with the signal superposition means 20.

[0056] As shown in drawing 7, the signal amendment means 60 in this operation gestalt is constituted by the bias amendment means 62A, 62B, 62C, and 62D and the gain amendment means 64A, 64B, 64C, and 64D.

[0057] Dispersion in bias and dispersion of gain can be considered to dispersion in the output characteristics of the cylinder internal pressure detection means 10. If dispersion is in bias, the signal acquired from each gas column will be shifted in the direction of positive/negative. If dispersion is in gain, the scale of the signal acquired from each gas column will change. The offset voltage of the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed when dispersion in bias was large may exceed a setting range. Moreover, if dispersion in gain is large, since the wave of the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed will change, the effect which is not desirable appears in a flame-failure judging.

[0058] Then, he incorporates the cylinder internal pressure signal detected by the cylinder internal pressure detection means 10A, --, 10D for the bias amendment means 62A, --, 62D, and is trying to remove dispersion in bias in this operation gestalt. As a bias amendment means 62, a filter means to, remove the low frequency component near a dc component for example, can be used. When incorporating a signal on a microcomputer in the phase of the bias amendment means 62, the minimum value of a signal or the average value of the minimum value of the signal concerned taken about fixed signal length is memorized, and a changed part of bias can be removed by deducting from the signal data which incorporated this. Once removing a bias component, you may make it add the common dc component which serves as criteria anew to a signal.

[0059] Moreover, the gain amendment means 64A, --, 64D are made to amend dispersion in the gain of each signal. The judgment of the required amount of amendments and two actually amended phases are needed for amendment of gain. With the gain amendment means 64, for example as the pretreatment, when each signal by which bias amendment was carried out is incorporated, and the value of the signal peak of a representation gas column, for example, the gas column of others to the 1st cylinder, is detected and the firing pressure of a representation gas column does not have regular magnitude, a value required for the amendment is calculated, and those products are set to correction factor k1-k4. For example, the signal peak whose cylinder [ 1st ] signal peaks are 400 millivolts and the 2nd cylinder in the above-mentioned process will set to  $k1=1/4$ , and  $k2=1/2$ , if 200 millivolts and the value of a signal which should be acquired essentially are 100 millivolts.

[0060] Each correction factor is determined based on the signal acquired at the time of operation which carried out the motoring time or a short fuel cut at the time of little engine starting of dispersion to the cylinder internal pressure itself, it holds the value until it determines a multiplier next time, and it uses it for signal amendment. Of course, correction factor k1-k4 may make an engine control unit memorize what was beforehand determined by the option.

[0061] Dispersion in gain is amended by the gain amendment means 64 continuing and hanging correction factor k1-k4 on the value of each signal. With the means which combined as an example the D/A converter generally known and amplifier, magnification / attenuation processing doubled with the correction factor for every signal is performed, and a scale can be changed. When the signal is already incorporated by the microcomputer, all may be processed in digital one.

[0062] Dispersion amendment of the signal acquired for every gas column is sure to process according to an individual in the phase before signal superposition as mentioned above, but if the data for bias amendment and the data for gain amendment are decided, it can add approximation-[ signal / which was piled up with the signal superposition means 30 ] amendment.

[0063] As an example, amendment can be added to the detected data after the signal detection by the signal detection means 30 based on the data for amendment prepared beforehand. What is necessary is just to prepare the data for amendment as follows, for example. That is, bias correction value required to negate it is calculated from a part for bias fluctuation of the whole superposition signal. Moreover, effectual gain correction factor  $k_1$ - $k_4$  [ required to store each peak value in the range of regular ] are decided corresponding to each gas column, removing dispersion in the value of each signal peak. These data decided beforehand can be made to memorize in an engine control unit. If the signal part detected with the signal detection means 30 is a cylinder [ 1st ] firing-pressure part, it will carry out bias amendment to the detected data, and will apply the gain correction factor  $k_1$ . If the signal part detected with the signal detection means 30 is a signal part between the 1st cylinder and the 2nd cylinder, after it will carry out bias amendment. For example, the multiplier effectually decided by average processing from  $k_1$  and  $k_2$  is applied. The data effectual from the start, of course for amendment may be memorized.

[0064] In addition, although it may depend for the data for amendment on an engine service condition, if the amendment data beforehand decided by the typical service condition are memorized similarly, optimal signal amendment can also be carried out for every service condition. The data for amendment are determined during engine operation based on the signal detected again at the time of operation which carried out the motoring time or a short fuel cut at the time of engine starting, and you may make it update them, making a value memorize in an engine control unit serially.

[0065] Since storage capacity is made small and data processing also becomes easy while being able to ensure a flame-failure judging, since he is trying to judge with it being in a flame-failure condition as compared with the flame-failure judging index  $I$  and the flame-failure judging level  $L$  corresponding to the minimal value of the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed according to this operation gestalt as explained above, a practical flame-failure judging can be performed.

[0066] Moreover, since he is trying to amend the bias and gain of a cylinder internal pressure signal, a more exact flame-failure judging can be performed.

[0067] Next, the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine by the 3rd operation gestalt of this invention is explained using drawing 8 - drawing 12. First, drawing 8 is used and the whole combustion condition detection equipment configuration of the internal combustion engine by this operation gestalt is explained. Drawing 8 is the block diagram showing the whole combustion condition detection equipment configuration of the internal combustion engine by the 3rd operation gestalt of this invention. In addition, in this operation gestalt, the same sign as drawing 1 shows the same part.

[0068] In this operation gestalt, the optical fiber cylinder internal pressure sensor 70 is used as a cylinder internal pressure detection means. The optical fiber cylinder internal pressure sensor 70 is constituted by optical light-receiving means 72B, such as a photodiode connected with laser diode 72A which is the light source, and the optical fiber 76 connected through connector 74A through connector 74B. The optical fiber 76 is mounted in the engine head gasket 80. Some optical fibers 76 have the pressure receiving sections 78A, 78B, 78C, and 78D which receive the firing pressure of each engine gas column. Since the pressure receiving sections 78A, 78B, 78C, and 78D are connected by the optical fiber 76 in serial, the optical fiber cylinder internal pressure sensor 70 is functioning also as a signal superposition means.

[0069] The light emitted from laser diode 72A which is the light source which constitutes the optical fiber cylinder internal pressure sensor 70 passes an optical fiber 76, and is detected by light-receiving means 72B. In the meantime, an optical fiber passes the pressure receiving sections 78A, 78B, 78C, and 78D corresponding to each gas column. He is trying to give the bending deformation according to gas column internal pressure to an optical fiber 76, for example in each pressure receiving sections 78A, 78B, 78C, and 78D.

[0070] Since the optical fiber 76 which deformed wears optical loss, if the optical reinforcement detected by light-receiving means 72B is measured, the pressure variation in each gas column can be obtained. Since the rise of a pressure leads to the fall of optical reinforcement, if photo electric conversion is carried out for an optical output using light-receiving means 72B and reversal magnification is carried out, the cylinder internal pressure signal same with having been shown in drawing 2 on which it was superimposed can be acquired.

[0071] Although the superposition signal shown in drawing 3 is searched for as linear combination of each signal, when the optical loss produced in each pressure receiving sections 78A, 78B, 78C, and 78D is expressed with a decibel, in this operation gestalt, total optical loss is decided as those sums. Although the methods of signal superposition differ, the description of the signal wave form on which it was superimposed is common. Namely, what is necessary is not to necessarily take the synthetic approach of a

signal to linear combination, and just to compound it so that change of the signal wave form acquired at the time of a flame failure may become remarkable to compensate for signal processing.

[0072] In addition, the detail of the principle of operation of an optical fiber cylinder internal pressure sensor is indicated by applied OPUTIKUSU, the 35th volume (1996), and p.1143-1150, for example.

[0073] The signal acquired by the optical fiber cylinder internal pressure sensor 70 computes the flame-failure judging level L by signal detection means 30A, a flame-failure condition is judged by flame-failure judging means 40A, and further, if a flame failure occurs, it will control a combustion condition by the combustion state control means 50.

[0074] In this operation gestalt, the signal acquired by the optical fiber cylinder internal pressure sensor 70 is acquired in the form where it was superimposed on the cylinder internal pressure signal of each gas column from the start. Therefore, the signal with which dispersion in the property resulting from each pressure receiving sections 78A, 78B, 78C, and 78D was amended by signal detection means 30A as follows, and dispersion in a property was amended is detected.

[0075] Here, amendment of property dispersion by signal detection means 30A in this operation gestalt and calculation of the flame-failure judging index I are explained using drawing 9. Drawing 9 is amendment of property dispersion in the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine by the 3rd operation gestalt of this invention, and the principle explanatory view of calculation of the flame-failure judging level L.

[0076] Drawing 9 shows the signal of the range of TDC+90 degree from TDC-90" centering on the compression top dead center TDC which is whenever [ crank angle ] among the signals with which it was superimposed on the cylinder internal pressure signal of each gas column detected by light-receiving means 72B, and shows the inside of one compression / combustion cycle of a gas column. Whenever [ crank angle ] shows the include angle to which a that front was made negative and it made the back forward on the basis of TDC.

[0077] In this operation gestalt, to the signal piled up by the optical fiber cylinder internal pressure sensor 70 which has a function as a signal superposition means, he is trying for signal detection means 30A to form the domain of integration C, the domain of integration B, and the domain of integration G, and they are divided into these three detection fields and it detects them for every gas column. He is trying to reduce the effect on the flame-failure judging resulting from property dispersion of a cylinder internal pressure detection means by processing combining the detected information from each signal detection field. Moreover, it enables it to control fluctuation of the flame-failure judging index depending on engine operational status.

[0078] The domain of integration C is a field which measures a firing pressure. The domain of integration B is a field which detects information required for bias amendment. Moreover, the domain of integration G is a field which detects information required for gain amendment.

[0079] The domain of integration B is set as the field with little signal superposition effect to bias, and, for this reason, the domain of integration B makes it the range whenever [ containing the minimal value of the signal piled up with the signal superposition means / predetermined crank angle ]. That is, bias fluctuation of a superposition signal can be caught on real time by catching the pressure of the phase where combustion of a front gas column is completed and the compression pressure of the gas column for measurement is seldom going up.

[0080] Specifically, the domain of integration B makes the range of - (crank angle [ of the minimal value ] whenever -  $\alpha 1$ ) (crank angle [ of the minimal value ] whenever +  $\alpha 2$ ) the domain of integration B. What is necessary is here, just to choose  $\alpha 1$  and  $\alpha 2$  as the range with little [ there is little firing-pressure effect of a front gas column, and ] effect of the pressure buildup by the compression stroke of a judgment gas column whenever [ crank angle ]. In the example shown in drawing 9, they may be  $\alpha 1=0$  degree and  $\alpha 2=30$  degree (all whenever [ crank angle ]).

[0081] In addition, since it is necessary to shorten a sampling period in order to calculate the minimal value in actual measurement, the method of calculating the minimal value itself is not practical. Therefore, in this operation gestalt, the range of - (TDC-90") (TDC-60") is made into the domain of integration B.

Furthermore, when the compression top dead center of the gas column in front of the gas column for measurement is set to TDC (-1), it is specifically this compression top dead center TDC(-1)+90 degree timing. After carrying out the zero clearance of the measurement value of the domain of integration B, the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed in the range of - (TDC(-1)+90 degree) (TDC (-1)+120 degree) It samples to the timing in every 6 degrees, and he adds the sampled cylinder internal pressure signal, and is trying to calculate the value of the domain of integration B.



[0082] The domain of integration G is set as the field which can catch the rate of the pressure buildup in the compression stroke from which explosion combustion of a measurement gas column has not arisen yet. For this reason, the domain of integration G costs for the range whenever [ predetermined crank angle / which was prepared in the range whenever / crank angle / from the minimal value to whenever / following ignition crank angle ]. Thereby, a part for the pressure buildup in the field which does not contain a part for before ignition in a measurement gas column (i.e., a firing pressure) can be caught.

[0083] Increment area in a signal of the range of (ignition crank include-angle-beta2) is made into the integral range G from it being concrete (ignition crank angle whenever - beta 1). In the example shown in drawing 9, supposing ignition timing is equal to the compression top dead center TDC, they may be beta1=60 degree and beta2=18 degree (all whenever [ crank angle ]). If the area of Field G is large if gain is large, and gain is small, the area of Field G will become small.

[0084] It is necessary to set it up so that the combustion pressure-buildup range may be included effectively, while the domain of integration C removes the field where explosion combustion has not taken place. For this reason, the domain of integration C costs for the range whenever [ predetermined crank angle / which was prepared in the range whenever / crank angle / from whenever / ignition crank angle / to the following signal minimal value ]. Thereby, a part for the pressure buildup of after ignition to the time of a burn out can be caught. Specifically, the range of - (ignition crank angle whenever + gamma 1) (ignition crank angle whenever + gamma 2) is made into the domain of integration C. In the example shown in drawing 9, they may be gamma1=0 degree and gamma2=90 degree (all whenever [ crank angle ]).

[0085] If based on TDC which is a top whenever [ crank angle ] and does not change instead of being based on whenever [ crank angle / which gives the minimal value and ignition timing of a signal ] as mentioned above in case it is a top whenever [ crank angle ] and each domain of integration is decided, a setup of the domain of integration will become easy. Although the minimal value and ignition timing of a signal may change with engine control, it is because TDC does not change.

[0086] For example, detection timing will be changed when it is based on whenever [ ignition crank angle ], since ignition timing changes with operational status in measurement of the domain of integration G. Since the domain of integration G is what should just catch a part for the pressure buildup in the field which does not contain a part for before ignition in a measurement gas column (i.e., a firing pressure), it makes the range of - (TDC-60") (TDC-18") the domain of integration G in this operation gestalt. Furthermore, when the compression top dead center of the gas column in front of the gas column for measurement is set to TDC (-1), it is specifically this compression top dead center TDC(-1)+120 degree timing. After carrying out the zero clearance of the measurement value of the domain of integration G, the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed in the range of - (TDC(-1)+120 degree) (TDC(-1)+162 degree) It samples to the timing in every 6 degrees, and he adds the sampled cylinder internal pressure signal, and is trying to calculate the value of the domain of integration G.

[0087] Moreover, detection timing will be changed when it is based on whenever [ ignition crank angle ], since ignition timing changes with operational status in measurement of the domain of integration C. Since the domain of integration G is what should just catch a part for the pressure buildup in the field which does not contain a part for before ignition in a measurement gas column (i.e., a firing pressure), it makes (TDC) - (TDC+90 degree) the range the domain of integration C in this operation gestalt. Furthermore, specifically it is the timing of the compression top dead center TDC of the gas column for measurement, and he adds the cylinder internal pressure signal which are (TDC) - (TDC+90 degree) the range, sampled the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed to the timing in every 6 degrees after carrying out the zero clearance of the measurement value of the domain of integration C, and was sampled, and is trying to calculate the value of the domain of integration C.

[0088] Although it will be generated also when the starting point of Field B does not result in whenever [ crank angle / of the minimal value ] slightly depending on the condition of operation, for example or the terminal point of Field G exceeds whenever [ ignition crank angle ] slightly if each domain of integration is decided on the basis of TDC, there is no practical problem. Therefore, the range is [ whenever / crank angle / of the actually defined signal detection ] fixable after deciding at TDC criteria that it does not shift from the three above-mentioned fields greatly beforehand.

[0089] In addition, in Field G, the signal detection in each domain of integration holds the first detection value, whenever it counts a fixed number of reference signs 2 shown in drawing 5, it samples data, and it integrates only the increment of a signal. Moreover, in Fields B and C, whenever it counts a fixed number of reference signs 2 shown in drawing 5, data are sampled, and a signal is integrated. It is a top whenever [ crank angle ], and when it is made to become at equal intervals, the number of signal detection per field

can be prevented from depending spacing of signal detection on an engine rotational frequency. Spacing of a sampling is carried out to every 6 degrees for example, by whenever [ crank angle ].

[0090] However, signal detection can be performed that may change the sampling period of a signal according to an engine speed, for example, precision narrows [ direction ] a sampling period at the time of low rotation. At the time of high rotation, since the sampling period is short, if a sampling period is made shorter than 6 degrees, the burden of sampling processing will become large.

[0091] Moreover, since the location where it is not necessary to necessarily carry out spacing of signal detection at equal intervals in for example, and a flammability peak appears was decided about, it can set up in a field so that it may be fine and others may take roughly near [ big ] the signal peak value of change of a signal. What is necessary is just to change the sampling period of a field into this by the count from sampling initiation.

[0092] Moreover, according to the sampled value, when change of the inclination of a signal is small, it is rude, and when change is large, a sampling period may be changed into real time so that it may become fine.

[0093] Next, the calculation approach of the flame-failure judging index I by signal detection means 30A is explained. In this operation gestalt, signal detection means 30A computes the flame-failure judging index I based on following (several 2).

[0094]

[Equation 2]

$$I = (Sc - a \times Sb) / (b \times Sg)$$

I . . . 失火判定指標

Sc . . . 領域Cの積分値

Sb . . . 領域Bの積分値

Sg . . . 領域Gの積分値

a . . . 係数

b . . . 係数

[0095] In addition, in (several 2), Sc is the integral value of Field C, SB is the integral value of Field B, SG is the integral value of Field G, and a and b are multipliers.

[0096] He is trying to reduce bias effect in (several 2) by deducting the multiplier twice of the area of Field B from the area of the field C for measuring a firing pressure. Moreover, he is trying to reduce the dispersion effect of gain by breaking this result by the constant twice of the area of Field G. The right-hand side of (several 2) can be caught if how to take a multiplier a is adjusted, and the difference of the area before and behind TDC is standardized about gain. That is, he is trying to transpose how depending on which the symmetry before and behind TDC seen by cylinder internal pressure change appears for amendment of bias and gain to the flame-failure judging index I in the included form (several 2). By this actuation, the characteristic change at the time of the flame failure which appears in the signal on which it was superimposed can be transposed to one index I, and can be treated.

[0097] Next, the flame-failure judging in flame-failure judging means 40A is explained using drawing 10 - drawing 12 . First, drawing 10 is used and the case where a flame failure occurs in one gas column in a 4-cylinder is explained. Drawing 10 is the principle explanatory view of the flame-failure judging in the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine by the 3rd operation gestalt of this invention. Drawing 10 (A) shows the cylinder internal pressure signal with which it was superimposed when a flame failure occurred in the 3rd cylinder of the 4-cylinders, and drawing 10 (B) shows the effect of fluctuation of whenever [ crank angle / of the computed flame-failure judging index I ].

[0098] As mentioned above in drawing 3 , to the cylinder internal pressure signal at the time of combustion, as for the cylinder internal pressure signal over the 3rd cylinder at the time of a flame failure, peak value falls, and the minimal value also falls. Moreover, if the symmetric property before and behind TDC is seen in a cylinder internal pressure signal without superposition of a signal, as shown in drawing 2 , at the time of a flame failure, TDC order will take a step with the big TDC back at the time of combustion toward the symmetry. On the other hand, in using the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed, as for the cylinder internal pressure signal at the time of a flame failure, a TDC front becomes large rather.



Therefore, the large difference of the flame-failure judging index I with the time of combustion and a flame failure can be taken by choosing the multiplier  $\alpha$  of (several 2) suitably.

[0099] Moreover, as for whenever [ crank angle / which is acquired as a reference sign on the occasion of an actual flame-failure judging ], it is common that it is not necessarily stabilized, for example, dispersion in  $\pm 4$ -degreeCA (Crank Angle) occurs. If dispersion in whenever [ such crank angle ] occurs, as shown in drawing 10 (B), the surface ratio before and behind TDC of a cylinder internal pressure signal will change, and the flame-failure judging index I will change with fluctuation of whenever [ crank angle ].

[0100] However, in this operation gestalt, since he is trying to observe the symmetric property before and behind TDC of cylinder internal pressure change, the large difference of the flame-failure judging index I to the 1st to which normal combustion was performed, the 2nd, and the 4th cylinder, and the flame-failure judging index I to the 3rd cylinder which the flame failure generated can be taken. Therefore, the judgment of a flame failure can be ensured irrespective of fluctuation of whenever [ crank angle ] by setting the flame-failure judging level  $L_a$  as level smaller than the flame-failure judging index I at the time of normal combustion on bigger level than the flame-failure judging index I at the time of a flame failure. Moreover, thereby, like low loaded condition, also when a difference with a flame-failure condition is small, a flame-failure judging can be ensured.

[0101] Next, the case where a continuation flame failure occurs in two gas columns in a 4-cylinder is explained using drawing 11. Drawing 11 is the principle explanatory view of the flame-failure judging in the combustion condition detection equipment of the internal combustion engine by the 3rd operation gestalt of this invention. Drawing 11 (A) shows the cylinder internal pressure signal with which it was superimposed when a continuation flame failure occurred in the 3rd cylinder of the 4-cylinders, and the 4th cylinder, and drawing 11 (B) shows the effect of fluctuation of whenever [ crank angle / of the computed flame-failure judging index I ].

[0102] As shown in drawing 11 (A), when a flame failure happens continuously in the 3rd cylinder and the 4th cylinder, the description that a TDC front becomes large does not appear in the signal of the second gas column (the 4th cylinder). The front gas column has already carried out the flame failure of this, and it is because the firing pressure which should lap is not going up. For this reason, if the signal at the time of combustion (for example, cylinder [ 2nd ] signal) is compared with the signal at the time of a flame failure (cylinder [ 4th ] signal), as shown in drawing 11 (B), a big difference will not arise against the flame-failure judging index I. When it is going to follow, for example, it is going to judge a flame failure using the flame-failure judging level  $L_a$  and whenever [ crank angle / which shows fluctuation ] is larger than  $\theta_1$ . Although it can judge with normal combustion, and it can judge with red-ization since the cylinder [ 4th ] flame-failure judging index  $I_4$  is smaller than the flame-failure judging level  $L_a$  since the cylinder [ 2nd ] flame-failure judging index  $I_2$  is larger than the flame-failure judging level  $L_a$ . When whenever [ crank angle ] is smaller than  $\theta_1$ , the cylinder [ 2nd ] flame-failure judging index  $I_2$  and the cylinder [ 4th ] flame-failure judging index  $I_4$  will carry out the judgment which each mistook for normal combustion since it was larger than the flame-failure judging level  $L_a$ . The load to an engine is small especially like an idling, and a setup of the flame-failure judging level  $L$  is difficult in the operation situation that a firing pressure does not go up.

[0103] Then, it enables it to correspond also to a continuation flame failure by changing flame-failure judging level by the existence of the flame failure of a front gas column in this operation gestalt. If combustion takes place again with a cylinder internal pressure of cylinder [ 1st ] like once a flame failure happens as shown in drawing 11 (A), it will decrease compared with the signal at the time of the combustion with the same area in front of TDC of a cylinder internal pressure signal (signal which is the 2nd cylinder). For this reason, if signal processing based on (several 2) is carried out, the flame-failure judging index  $I_1$  will become larger than the flame-failure judging index  $I_2$  in the case of the signal at the time of combustion. Moreover, when the flame-failure judging index  $I_1$  at the time of combustion like the 1st cylinder is compared with the flame-failure judging index  $I_4$  at the time of a flame failure like the 4th cylinder, it turns out that there is a too big difference. That is, when a flame failure happens once, by resetting flame-failure judging level as the flame-failure judging level  $L_b$  from the flame-failure judging level  $L_a$ , as shown in drawing 11, it cannot be based on fluctuation of whenever [ crank angle ], but a flame-failure judging can be ensured.

[0104] Here, flame-failure judging processing of flame-failure judging means 40A at the time of generating a continuation flame failure based on the idea mentioned above using drawing 12 is explained. Drawing 12 is a flow chart which shows flame-failure judging processing of the flame-failure judging means at the time of the continuation flame failure in the combustion condition detection equipment of the internal combustion

engine by 1 operation gestalt of this invention.

[0105] He is trying to change level in this operation gestalt with the value of the flag F which shows the existence of flame-failure generating. In step 1200, flame-failure judging means 40A reads the flame-failure judging index In about the n-th cylinder which is going to judge the flame failure which signal detection means 30A computed. Next, in step 1210, flame-failure judging means 40A reads the inhalation air content and engine speed equivalent to an engine load. Since an inhalation air content is what is used in order to judge engine operational status, it is replaced with an inhalation air content and can read inhalation-of-air negative pressure.

[0106] Next, in step 1220, when it judges whether flame-failure judging means 40A has engine operational status in the operational status specified beforehand based on the inhalation air content read in step 1210, and the value of an engine speed and is in assignment operational status, it progresses to step 1230, and it will be in assignment operational status and progresses to step 1250 at the time. flame-failure misjudgment, such as an idling condition of a low load [ operational status / which was specified beforehand ], -- it is the operational status which is easy to induce a law. In step 1240, since it is not necessary to change flame-failure judging level, when there is nothing to an assignment operating range, flame-failure judging means 40A is not based on the value of Flag F, but chooses flame-failure judging level from a table 1. that by which the flame-failure judging level of a table 1 is equivalent to the flame-failure judging level La of drawing 11 -- it is -- an inhalation air content -- or the engine-speed \*\*\*\*\* value is given to the table 1 again.

[0107] On the other hand, in being in an assignment operating range, in step 1230, Flag F judges "0" and "1", and, in the case of "0", progresses at step 1240, and, in the case of "1", flame-failure judging means 40A progresses at step 1250. Here, the case where Flag F is "0" is a case where the flame failure has not occurred in a front gas column, and is a case (the 1st cylinder, the 2nd cylinder, and the 3rd cylinder) where a flame-failure judging is carried out, in the example shown in drawing 11 R> 1 (A). On the other hand, the case where Flag F is "1" is a case where the flame failure has occurred in a front gas column, and is a cylinder [ 4th ] case where a flame-failure judging is carried out, in the example shown in drawing 11 (A).

[0108] When Flag F is "0", in step 1240, flame-failure judging means 40A reads the flame-failure judging level Ln from a table 1. And when Flag F is "1", in step 1250, flame-failure judging means 40A reads the flame-failure judging level Ln from a table 2. The flame-failure judging level read from a table 2 is equivalent to the flame-failure judging level Lb shown in drawing 11 (B). That is, since there is possibility of a continuation flame failure as it explained in drawing 11 , since the flame failure had occurred in the front gas column when Flag F is "1", he is trying to use Lb as flame-failure judging level.

[0109] Next, in step 1260, flame-failure judging means 40A compares the size of the flame-failure judging index In read in the flame-failure judging level La and Lb and step 1200 which were read in step 1240 or step 1250, and when the flame-failure judging indexes In are the flame-failure judging level La and below Lb, it judges with a flame failure.

[0110] Furthermore, in step 1270, when it judges whether the flame failure had generated flame-failure judging means 40A in the n-th cylinder in the judgment in step 1260 and a flame failure occurs, it progresses to step 1280, and when the flame failure has not occurred, it progresses to step 1290.

[0111] In step 1280, flame-failure judging means 40A sets Flag F to "1", when the flame failure has occurred, and in step 1290, flame-failure judging means 40A sets Flag F to "0", when the flame failure has not occurred. Flag F is used in steps 1230-1250 in the case of the flame-failure judging of the following gas column. If operational status is in an assignment operating range again by this in case the flame-failure judging of the following gas column is carried out, flame-failure judging level can be changed like La and Lb by the above repeat.

[0112] In addition, when two gas columns carry out a flame failure alternately, it is the same as the case where a flame failure occurs in one gas column shown in drawing 10 . Moreover, since it becomes the situation that an engine already stops when three or more gas columns carry out a flame failure, it does not break as an object of a flame-failure judging, but before resulting in such a situation, it is necessary to catch a flame failure here.

[0113] When both the cylinder internal pressure change to the 2nd cylinder at the time of the combustion shown in drawing 11 and the cylinder internal pressure change to the 4th cylinder at the time of a flame failure are seen from the point of the symmetric property of the signal over TDC, i.e., the surface ratio before and behind TDC, they are close to the usual signal which has not carried out signal superposition. Therefore, when the flame-failure judging level which was the difficulty of a setup superimposes a signal in between at the time of combustion like the 2nd cylinder, and a flame failure like the 4th cylinder, it can set

up easily in between at the time of combustion like the 2nd cylinder, a flame failure like the 3rd cylinder or combustion like the 1st cylinder, and a flame failure like the 4th cylinder. Thereby, with this operation gestalt, it can check performing an accurate flame-failure judging throughout including an engine low-load-driving field.

[0114] In this operation gestalt, the signal acquired by the optical fiber cylinder internal pressure sensor 70 is acquired in the form where it was superimposed on the cylinder internal pressure signal of each gas column from the start. Therefore, dispersion in the property resulting from each pressure receiving sections 78A, 78B, 78C, and 78D is amended by signal detection means 30A as follows. That is, since the amount of bias fluctuation appears as a shift in the direction of positive/negative of the whole superposition signal, it can determine and amend the bias correction value of the whole signal by detecting the minimum value between cylinder internal pressure peaks, or its average value. Moreover, dispersion in the gain for every gas column asks for an approximation-correction factor by comparing mutually the peak value of the cylinder internal pressure which appears in the signal on which it was superimposed, and can reduce dispersion effect.

[0115] Next, the formula in the case of asking real time for  $\theta_c$  whenever [ initiation crank angle / of the domain of integration C ] is explained using (several 3).

[0116]

[Equation 3]

$$\theta_c = \theta_{ign} + \theta_s$$

$\theta_c$  . . . 領域C開始クランク角度

$\theta_{ign}$  . . . 点火クランク角度

$\theta_s$  . . . 補正角度

[0117] In addition,  $\theta_c$  is whenever [ initiation crank angle / of Field C ],  $\theta_{ign}$  is whenever [ ignition crank angle ] here, and  $\theta_s$  is an amendment include angle.

[0118] While the domain of integration C certainly includes the rise range of a firing pressure, it is desirable to make it not include the pressure variation in a compression stroke. Then, he is trying to choose the start point of the domain of integration as ignition timing criteria in (several 3). The value which specifically added amendment include-angle  $\theta_s$  beforehand set up to  $\theta_{ign}$  whenever [ ignition crank angle ] is set to initiation crank angle [ of the domain of integration C ] whenever  $\theta_c$ . It enables it to take the domain of integration C in a combustion zone certainly by preparing amendment include-angle  $\theta_s$ .

[0119] If whenever [ initiation crank angle / of Field C ] is taken as shown in (several 3) even when deciding beforehand whenever [ initiation / termination crank angle / of a field ] to be TDC criteria as mentioned above, it does not depend on fluctuation of ignition timing, but a combustion pressure-buildup part can be caught certainly.

[0120] Similarly, the terminal point of Field G can also be decided to be ignition timing criteria. In this case, what is necessary is just to make amendment include-angle  $\theta_s$  whenever [ negative angle ]. However, since the terminal point of Field G was set up before ignition timing, the newest ignition timing might not have been decided yet at the time of a field setup. The terminal point of Field G can be searched for in that case on the basis of the ignition timing [ at the time of the combustion before one ], or mean time term of the ignition seen about the fixed operating period.

[0121] In addition, as a cylinder internal pressure detection means and a signal superposition means, as shown in drawing 8, also when using the optical fiber cylinder internal pressure sensor 70, the signal detection means 30 and the flame-failure judging means 40 which were explained in drawing 1 as a signal detection means or a flame-failure judging means can also be used.

[0122] As explained above, when a flame failure arises in the cylinder internal pressure signal on which it was superimposed according to this operation gestalt, a flame-failure judging can be ensured using the field after the peak of the gas column for a judgment using a remarkable change of a signal wave form arising and a clear change arising in the symmetric property before and behind the piston top dead center (TDC) of a cylinder internal pressure signal wave form.

[0123] Moreover, the change is transposed to the flame-failure judging index I, and since storage capacity is made small and data processing also becomes easy while being able to ensure a flame-failure judging, since he is trying to judge that this is in a flame-failure condition as compared with the flame-failure judging level

L, a practical flame-failure judging can be performed.

[0124] Moreover, since he is trying to amend the bias and gain of a cylinder internal pressure signal, a more exact flame-failure judging can be performed.

[0125] Furthermore, also when a continuation flame failure occurs, an exact flame-failure judging is attained by using it, changing flame-failure judging level.

[0126]

[Effect of the Invention] According to this invention, in an internal combustion engine's combustion condition detection equipment, also in a low load field etc., a flame-failure judging can be performed with a sufficient precision, and it can carry in an automobile, and can consider as an usable practical thing.

---

[Translation done.]

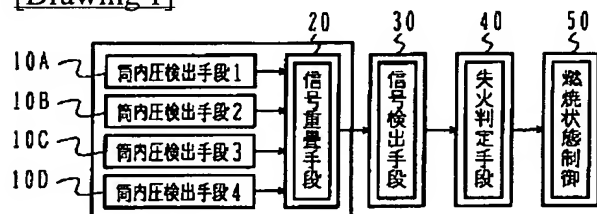
## \* NOTICES \*

JPO and NCIPi are not responsible for any damages caused by the use of this translation.

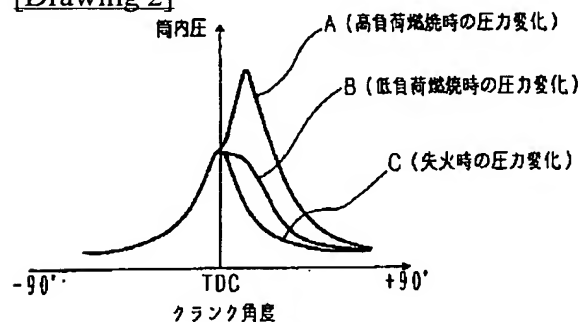
1. This document has been translated by computer. So the translation may not reflect the original precisely.
2. \*\*\*\* shows the word which can not be translated.
3. In the drawings, any words are not translated.

## DRAWINGS

[Drawing 1]

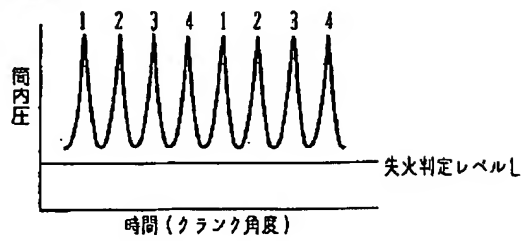


[Drawing 2]

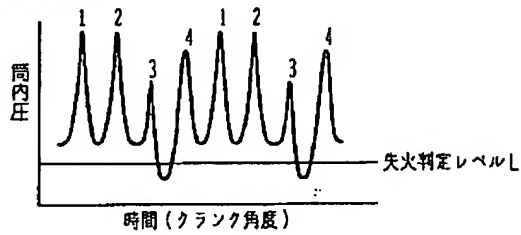


[Drawing 3]

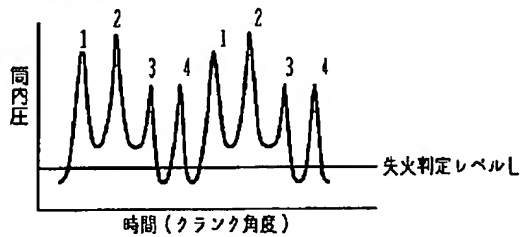
(A) 正常燃焼



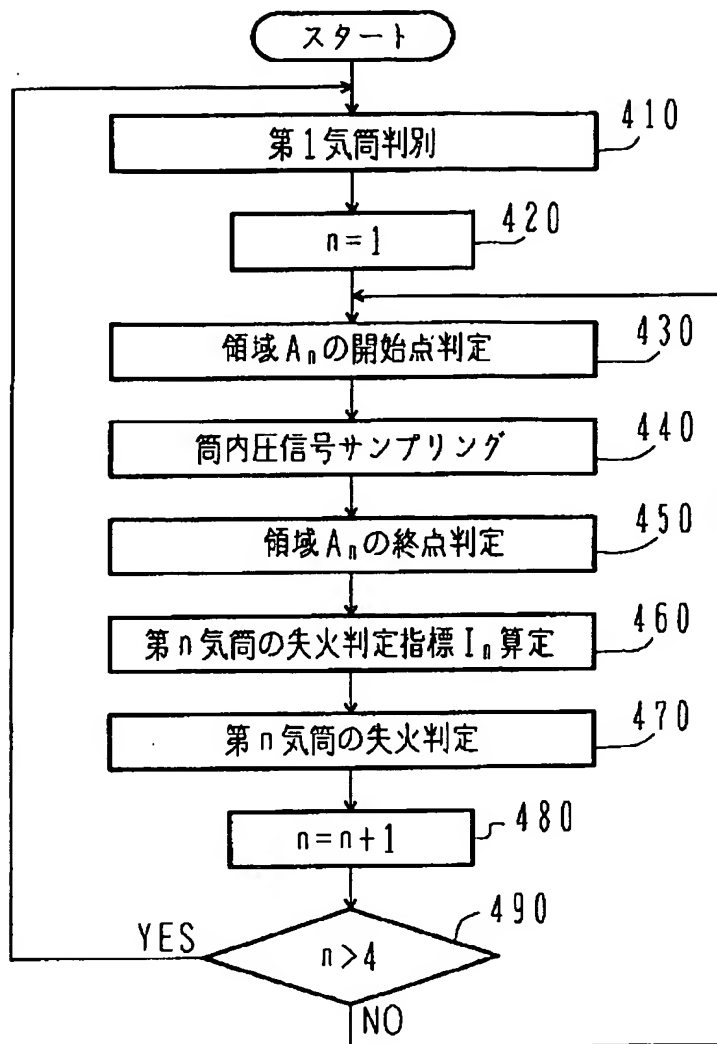
(B) 第3気筒失火



(C) 第3・第4気筒失火

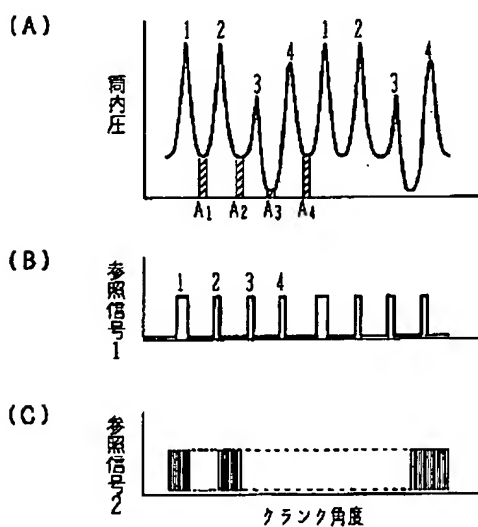


[Drawing 4]



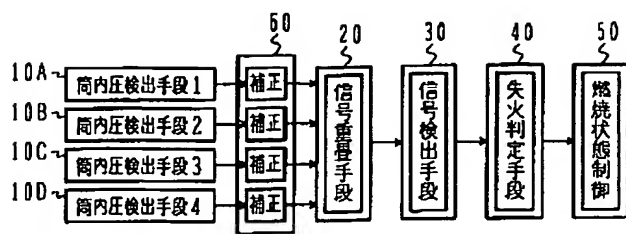
[Drawing 5]

第3気筒失火の場合

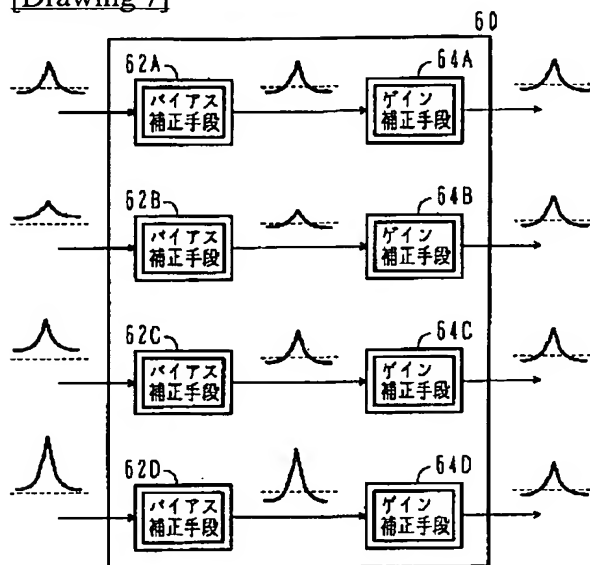


[Drawing 6]

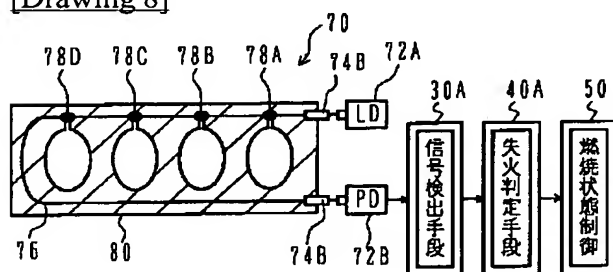




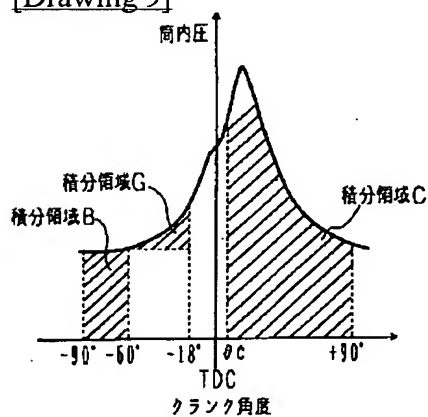
[Drawing 7]



[Drawing 8]

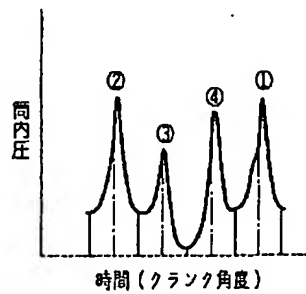


[Drawing 9]

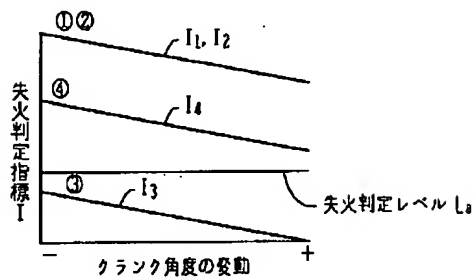


[Drawing 10]

(A) 第3気筒失火

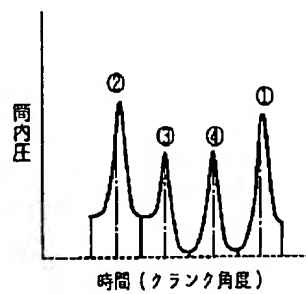


(B)

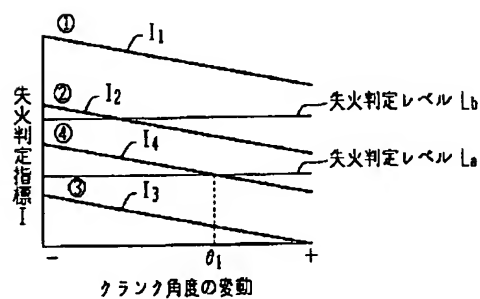


[Drawing 11]

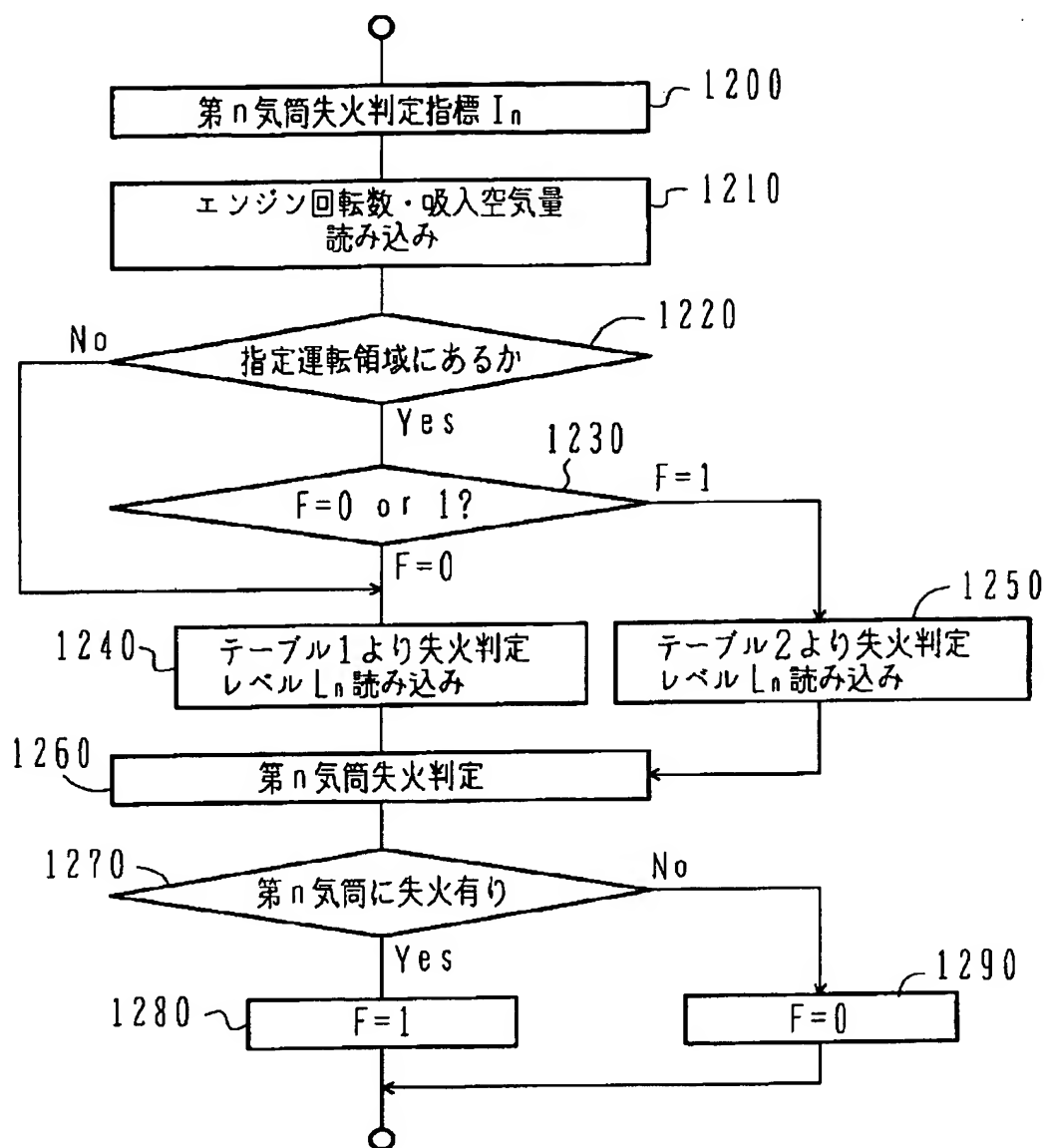
(A) 第3・第4気筒失火



(B)



[Drawing 12]



[Translation done.]